



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Hormonelle Veränderungen und deren Einfluss auf  
die Geruchswahrnehmung“

Verfasserin

Mag. Kathrin Kolindorfer

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, März 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 298

Studienrichtung lt. Studienblatt: Psychologie

Betreuer: Univ.-Ass. Mag. Dr. Birgit Derntl

## **DANKSAGUNG**

Ich möchte mich bei all jenen bedanken, die mich bei der Durchführung dieser Arbeit und im gesamten Studium unterstützt haben.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie, meinen Eltern und Großeltern für ihre Unterstützung während meines gesamten Studiums. Auch meiner Schwester Barbara möchte ich für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Rekrutierung der StudienteilnehmerInnen danken. Ein ganz besonderer Dank gilt Martin Edlinger, der mich in meinem gesamten Studium immer unterstützt und motiviert hat und mir auch bei der Durchführung dieser Arbeit zahlreiche hilfreiche Anmerkungen gegeben hat.

Ein herzlicher Dank geht auch an meine Betreuerin Univ.-Ass. Mag. Dr. Birgit Derntl, die mir die Arbeit zu diesem Thema erst ermöglicht hat. Vielen Dank auch für die tatkräftige Unterstützung in der Erstellung des Untersuchungsdesigns und für die zahlreichen Anregungen, die diese Untersuchungen erst möglich gemacht haben.

Ich möchte mich auch bei Priv. Doz. Dr. med. Rupert Lanzenberger der Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Medizinischen Universität Wien bedanken, der mir die Sniffin' Sticks zur Verfügung gestellt hat. Außerdem gilt mein Dank DI Dr. Veronika Schöpf, die bei der Erstellung des Versuchsdesigns mit Rat und Tat zur Seite stand und mir den Umgang mit den Sniffin' Sticks näher brachte. Ich möchte mich auch noch bei Mag. Georg Kranz dafür bedanken, dass die Einteilung der Sticks so gut funktioniert hat.

Weiters gilt mein Dank auch dem Team der Lehr- und Forschungspraxis, die mir immer einen geeigneten Testraum zur Verfügung gestellt und bei Verschiebungen immer sehr verständnisvoll reagiert haben.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei allen Testpersonen bedanken, die sich die Zeit genommen haben, um bei dieser Untersuchung teilzunehmen.

**DANKE!**

## Abstract

Hormones influence a wide range of human behaviour including the sense of smell. Previous studies demonstrated a significant impact of sex hormone concentration on olfactory thresholds in females. However, regarding discrimination and identification of odours only limited data exist and show inconsistent results. Therefore, this study seeks to answer the question if a broader range of olfactory performance, i.e. identification, discrimination and olfactory threshold as well as hedonic valence of n-butanol, is determined by cyclical hormonal variations. As oral contraceptives cause an artificial rise in the hormone level, we further tested whether hormone-intake can lead to changes in odour perception.

In the present study we examined 80 healthy non-smoking Caucasians (60 females, 20 males) ranging from 18 to 44 years. The female group consisted of 20 pill users and 40 females without hormone-intake. The latter were divided into two cycle phases: follicular (day 1 to 14) and luteal phase (day 15 to 28/30). Between two and seven weeks after the first testing all participants were tested twice. Females who had their first test during follicular phase were retested in their luteal phase and vice versa. Olfactory performance was examined by Sniffin' Sticks, which provide the testing of olfactory threshold, odour discrimination and odour identification. Moreover, all participants rated the intensity and pleasantness of n-butanol.

Data analysis revealed significant gender differences in odour discrimination and odour identification. Females showed a better performance in both tasks. Moreover, a significant impact of menstrual cycle phase occurred, indicating that women have a more sensitive odour threshold in the luteal phase. For the other tests no significant difference emerged. Pill users did not differ from other groups. Regarding the valence rating of n-butanol, females in the luteal phase rated the dilution as less pleasant. During the follicular phase the dilution of n-butanol three steps above the threshold was rated as most intense. As females had a less sensitive odour threshold during the follicular phase, the dilution three steps above the threshold was indeed more intensive. This presumption is supported by the result that there was no difference in the most intensive dilution. Moreover, a significant correlation between duration of

pill-intake and olfactory performance emerged pointing to better performance with longer intake.

In addition, a better overall olfactory performance was found at the second testing. Comparing the groups, only females who were tested first in the follicular phase showed a significant improvement. For pill users and men a trend to a better performance was observed. Females who were tested first in the luteal phase tended towards a deterioration of olfactory performance. This result supports the assumption of a modulating influence of the cycle phase on olfactory performance.

Hence, our data show that odour performance is influenced by menstrual cycle phase and pill-intake and thus indicate that this ability is modulated by hormonal changes. Future research should clarify whether menstrual cycle phases and hormone-intake lead to changes in valence and intensity ratings of different odours.

# Inhaltsverzeichnis

<b>0</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>DAS OLFAKTORISCHE SYSTEM.....</b>	<b>7</b>
1.1	Riechen – Ein „niederer“ Sinn? .....	7
1.1.1	Bedeutung des Geruchssinns heute.....	8
1.2	Besonderheiten des Geruchssinns .....	9
1.3	Von der Nase ins Gehirn .....	13
1.3.1	Geruchsgedächtnis.....	15
1.4	Einflussfaktoren auf die Geruchswahrnehmung.....	17
1.4.1	Geschlecht .....	17
1.4.2	Alter.....	18
1.4.3	Stimmung und Emotion.....	19
1.4.4	Umgebungsfaktoren .....	19
1.4.5	Einnahme von Substanzen .....	19
1.5	Parameter zur Erfassung der Geruchsleistung .....	20
1.5.1	Wahrnehmungsschwelle.....	21
1.5.2	Diskriminationsfähigkeit.....	21
1.5.3	Identifikationsfähigkeit.....	22
1.6	Geruch und Verhalten .....	22
1.6.1	Einfluss auf das Kaufverhalten .....	23
1.6.2	Aromatherapie .....	24
1.6.3	Pheromone .....	25
1.6.4	Geruch und kognitive Prozesse.....	26
1.7	Verlust des Geruchssinns .....	27
1.8	Geruch und psychische Erkrankungen .....	28
1.8.1	Affektive Störungen .....	28
1.8.2	Schizophrenie.....	30
1.8.3	Neurodegenerative und neurologische Erkrankungen.....	31
1.8.4	Autismus.....	33
1.9	Allgemeiner chemischer Sinn.....	34
<b>2</b>	<b>DAS ENDOKRINE SYSTEM .....</b>	<b>36</b>
2.1	Menstruationszyklus.....	37
2.2	Orale Kontrazeptiva .....	39
2.2.1	Klassische Kombinationspille.....	39
2.2.2	Mehrphasenpräparate.....	40
2.2.3	Neuere Entwicklungen: Minipille vs. Mikropille.....	40
2.2.4	Pille danach .....	41
2.2.5	Mögliche Nebenwirkungen und Risiken .....	42
2.2.6	Protektive Faktoren von Östrogen.....	43
2.3	Hormone und kognitive Fähigkeiten.....	45

2.3.1	Geschlechtsunterschiede bei kognitiven Fähigkeiten .....	45
2.3.2	Unterschiede im Verlauf des Zyklus .....	47
2.3.3	Sensorische Wahrnehmung .....	50
2.4	Hormone und Stimmung .....	50
2.5	Hormone und Verhalten .....	52
<b>3</b>	<b>HORMONE UND GERUCH.....</b>	<b>54</b>
3.1	Menstruationszyklus.....	54
3.2	Schwangerschaft.....	56
3.3	Hormontherapie .....	59
3.4	Orale Kontrazeptiva .....	60
3.5	Zusammenfassung des Forschungsstands.....	61
<b>4</b>	<b>FRAGESTELLUNGEN UND ZIELE DER UNTERSUCHUNG .....</b>	<b>63</b>
4.1	Hypothesen.....	63
<b>5</b>	<b>PLANUNG UND DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNG.....</b>	<b>67</b>
5.1	Untersuchungsdesign .....	67
5.1.1	Operationalisierung der Variablen.....	67
5.1.2	Störvariablen.....	70
5.2	Datenerhebung .....	71
5.3	Eingesetzte Verfahren.....	72
5.3.1	Soziodemographischer Fragebogen.....	73
5.3.2	Mehrfachwahlwortschatztest.....	73
5.3.3	Trailmaking Test.....	74
5.3.4	SKIDPIT-LIGHT Screeningbogen .....	74
5.3.5	Positive and Negative Affect Schedule.....	75
5.3.6	Sniffin' Sticks .....	75
5.3.7	Rating zu Schwellen-, Diskriminations- und Identifikationstest.....	79
5.4	Beschreibung der Stichprobe .....	80
5.5	Statistische Verfahren .....	82
5.5.1	Voraussetzungsüberprüfungen.....	82
5.5.2	Überprüfung der Unterschiedshypothesen .....	83
5.5.3	Überprüfung von Zusammenhangshypothesen .....	84
5.5.4	Effektstärken.....	84
<b>6</b>	<b>STATISTISCHE DATENAUSWERTUNG.....</b>	<b>85</b>
6.1	Geschlechtsunterschiede .....	88
6.2	Zyklusphasen .....	89

6.3	Orale Kontrazeptiva .....	92
6.4	Vergleich der Testzeitpunkte .....	93
6.5	Kognitive und affektive Einflüsse.....	96
<b>7</b>	<b>DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG .....</b>	<b>99</b>
7.1	Ergebnisse der Geruchstestungen .....	99
7.2	Ergebnisse der Bewertungen von n-Butanol .....	105
<b>8</b>	<b>KRITIK UND AUSBLICK.....</b>	<b>108</b>
	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>111</b>
	<b>LITERATUR .....</b>	<b>113</b>
	Anhang .....	128
	Tabellenverzeichnis .....	141
	Abbildungsverzeichnis .....	141
	CURRICULUM VITAE .....	142





## 0 Einleitung

Der Geruchssinn spielt in der Erforschung von menschlichem Erleben und Verhalten nur eine untergeordnete Rolle. Im Gegensatz zum Sehen oder Hören ist das Riechen sehr subjektiv und eher mit emotionalen als mit kognitiven Komponenten verbunden. In vielen Bereichen des alltäglichen Lebens zeigt sich jedoch, dass der Geruchssinn großen Einfluss auf den Menschen hat. Durch Gerüche werden z.B. emotionale Inhalte hervorgerufen oder Bedürfnisse wie Hunger oder das Verlangen nach Essen geweckt.

In verschiedenen Studien hat sich bereits gezeigt, dass Hormone großen Einfluss auf das menschliche Verhalten haben. Vor allem Schwankungen der Sexualsteroiden im Verlauf des Menstruationszyklus sind von großer Bedeutung. Daher ist es naheliegend, dass auch hormonelle Verhütungsmittel, die in den natürlichen zyklischen Ablauf dieser Schwankungen eingreifen, Auswirkungen auf das alltägliche Leben haben.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, den Einfluss dieser zyklischen Schwankungen auf die sensorische Wahrnehmung, genauer gesagt auf die Geruchswahrnehmung, zu untersuchen. Das zweite große Forschungsinteresse liegt in der Untersuchung des Einflusses oraler Kontrazeptiva. Es soll herausgefunden werden, wie sich deren Einnahme auf die Riechfähigkeit auswirkt. Bisherige Untersuchungen zu diesem Thema zeigten sehr inkonsistente Ergebnisse. Ein möglicher Grund dafür könnten die unterschiedlichen Studiendesigns und Untersuchungsmethoden sein.

Im theoretischen Teil der Arbeit, der sich aus den Kapiteln 1 bis 3 zusammensetzt, werden grundlegende Kenntnisse zum Thema Geruchssinn und Hormone erläutert. Außerdem wird der aktuelle Forschungsstand zum Einfluss von Hormonen auf die Geruchswahrnehmung beschrieben. Das erste Kapitel beschäftigt sich speziell mit dem Geruchssinn, seinen Besonderheiten und seinem Einfluss auf das menschliche Verhalten in verschiedenen Situationen. Im zweiten Kapitel wird das Hormonsystem behandelt. Im Besonderen wird hier auf Unterschiede im Verlauf des Menstruationszyklus und auf hormonelle Verhütungsmittel, vor allem auf die Pille, eingegangen. Der Einfluss

von Hormonen auf die Geruchswahrnehmung wird im dritten Kapitel näher beleuchtet. Dabei werden der aktuelle Forschungsstand erörtert und offene Fragen sowie inkonsistente Ergebnisse diskutiert.

Im empirischen Teil der Arbeit (Kapitel 4 bis 8) wird die durchgeführte Studie näher erläutert, wobei sich Kapitel 4 mit den Fragestellungen und den aufgestellten Hypothesen beschäftigt. Das fünfte Kapitel stellt das Studiendesign und die konkrete Durchführung der Untersuchung vor. Anschließend werden in Kapitel 6 die Ergebnisse der statistischen Verfahren präsentiert. Darauf aufbauend werden die Ergebnisse der vorliegenden Studie diskutiert und interpretiert. Abschließend erfolgen ein kritischer Rückblick und ein Ausblick auf mögliche weitere Forschungsansätze.

# 1 Das olfaktorische System

Dem Geruchssinn wurde in der wissenschaftlichen Forschung lange Zeit wenig bis gar keine Aufmerksamkeit geschenkt. Im 19. Jahrhundert wurde die Unterscheidung zwischen den höheren Sinnen – Sehen und Hören – und den niederen Sinnen – Geruchs- Geschmacks- und Tastsinn – getroffen. Köster (2002) sieht diese Unterteilung darin begründet, dass das Sehen und das Hören bei verschiedenen Tätigkeiten des Menschen eine zentrale Rolle spielen, wie etwa der räumlichen Orientierung oder der Kommunikation. Die niederen Sinne sind eher subjektiv und enger mit Emotionen als mit höherer kognitiver Verarbeitung verknüpft. Diese Unterscheidung ist noch heute spürbar, da der visuelle und der auditive Sinn sowie deren spezifische Phänomene deutlich besser erforscht sind als das olfaktorische System.

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den spezifischen Besonderheiten des Geruchssystems, die es von anderen Sinnen unterscheidet. Diese Charakteristika werden sowohl auf biologischer bzw. physiologischer als auch auf psychologischer Ebene betrachtet. Außerdem wird die phylogenetische Entwicklung des Geruchssinns näher betrachtet.

## 1.1 Riechen – Ein „niederer“ Sinn?

Wenn man den Geruchssinn als primitiv bezeichnet, so stimmt das dahingehend, dass es sich um einen phylogenetisch sehr alten Sinn handelt. Sogar das einzellige Bakterium *Escherichia Coli* zeigt Reaktionen auf chemische Reize. „Im Urmeer, wo alles Leben begann, herrschten Dunkelheit und komplette Stille. Kein Lichtstrahl erreichte die schwarzen Tiefen, kein Geräusch drang bis zum Meeresboden vor, der unendliche Ozean verschluckte sämtliche Signale.“ (Hatt & Dee, 2008, S. 35) Um in diesem Umfeld überleben zu können, war es nicht ausreichend, sich ausschließlich auf die Augen und Ohren zu verlassen. Zur Kommunikation bedienten sie sich chemischer Moleküle. Einige dieser Lebewesen sind noch heute im Meer zu finden.

Es stellt sich nun die Frage, warum sich der Geruchssinn beim Menschen nicht weiterentwickelt hat, sondern sich im Gegensatz dazu sogar verschlech-

terte. Stoddart (1995) geht davon aus, dass sich diese Entwicklung unserer Vorfahren, hin zum modernen Menschen, aufgrund zweier Ereignisse vollzogen hat. Eines davon ist eine Klimaveränderung, die vor fünf bis zehn Millionen Jahren stattgefunden hat. Es besteht die Annahme, dass die Vorfahren des modernen Menschen vor diesem Klimawandel in einer sehr walddreichen Umgebung gelebt haben. Diese Landschaft hat sich jedoch zu einer für den Menschen wesentlich besser überschaubaren Graslandschaft entwickelt. Etwa zur selben Zeit hat der Mensch begonnen, aufrecht zu gehen. Dadurch befand sich die Nase von nun an weit über dem Erdboden. Das visuelle System konnte ab diesem Zeitpunkt mehr Informationen, auch aus weiterer Entfernung, liefern.

Als zweites bedeutendes Ereignis nennt Stoddart (1995) die soziale Entwicklung des Menschen. Das Leben in einer Gemeinschaft hatte zur Folge, dass Frauen mit mehreren verschiedenen Männern in Kontakt kamen. Bisher konnten Frauen ihrem Partner durch chemische Signale ihre Empfängnisbereitschaft vermitteln. Beim Leben in der Gruppe war das nicht unbedingt von Vorteil. „Um die Paarbindung zu schützen und der Familie ein Leben innerhalb der größeren Gesellschaft zu erlauben, verschwanden unter dem Druck der natürlichen Auslese alle äußeren Zeichen des Östrus.“ (Stoddart, 1995, S. 55)

### **1.1.1 Bedeutung des Geruchssinns heute**

Auch die kulturelle Entwicklung der letzten zwei Jahrtausende hat zur Desensibilisierung des olfaktorischen Systems beigetragen (vgl. Köster, 2002). Künstlerische Aktivitäten beziehen sich vor allem auf das visuelle und das auditive System. Diese kulturellen Errungenschaften, wie Literatur, Musik oder bildnerische Darstellung sind in der Entwicklung des Menschen von großer Bedeutung. Geruchs- und Geschmackssinn spielen hier nur eine untergeordnete Rolle. Sie beziehen sich vor allem auf leibliche Genüsse.

In den letzten Jahrhunderten verlor der Geruchssinn in der Gesellschaft noch weiter an Bedeutung. Bis etwa Mitte des 19. Jahrhunderts hatte der Geruch einen wichtigen Stellenwert in der Medizin. Der Geruch eines Patienten konn-

te entscheidend zur Diagnosestellung beitragen, da verschiedene Krankheiten über charakteristische Gerüche verfügen.

Viele Verhaltensweisen werden von Gerüchen beeinflusst. Gerüche spielen auch in der Partnerwahl eine zentrale Rolle. Dadurch zeigt sich, dass das Sprichwort *Ich kann dich nicht riechen* durchaus seine Berechtigung hat. Aber auch im alltäglichen Verhalten werden wir stark durch Gerüche beeinflusst, so verspürt man z.B. plötzlich Hunger, wenn man an einer Bäckerei vorbei geht und den Duft von frischem Brot riecht. Andererseits können unangenehme Gerüche, wie verdorbener Fisch, Übelkeit bis hin zu Brechreiz hervorrufen (vgl. Hatt & Dee, 2008).

Ein weiterer Grund, warum der Geruchssinn als primitiv bezeichnet wird, ist seine enge Verbindung der Geruchswahrnehmung zu emotionalen Empfindungen. Ein bekanntes Phänomen ist das Hervorrufen von spezifischen Erinnerungen durch Gerüche. Der Geruch nach frischem Kuchen ruft oft Kindheitserinnerungen hervor. Diese sind häufig mit intensiven Emotionen verbunden (Plattig, 1995).

## **1.2 Besonderheiten des Geruchssinns**

Als primäres Ziel des Geruchssinns kann die Überprüfung von Substanzen auf ihre Genießbarkeit gesehen werden. Daher muss Geruchswahrnehmung möglich sein, bevor der Mensch mit einer Substanz direkt in Kontakt kommt. Geruchswahrnehmung entsteht, wenn chemische Stoffe mit dem menschlichen Körper interagieren. Dazu werden Duftmoleküle über die Luft übertragen. Durch die Atemluft strömen sie in die Nase, wo sie in den Rezeptorzellen der Nasenschleimhaut Reaktionen auslösen (vgl. Plattig, 1995). Im Gegensatz zum Menschen ist die Riechfähigkeit bei anderen Säugetieren deutlich besser ausgeprägt. Viele Tiere können z.B. anhand des Geruchs unterscheiden, ob es sich bei anderen anwesenden Tieren um Feinde oder Beutetiere handelt. Auch im Paarungsverhalten und der Brutpflege spielen Duftstoffe in der Tierwelt eine große Rolle (vgl. Schandry, 2002; Birbaumer & Schmidt, 2006)

Obwohl manche Tiere unvergleichbar feinere Nasen haben, so vermag der menschliche Geruchssinn dennoch große Leistungen zu vollbringen. Es besteht die Annahme, dass potentiell ca. 10.000 Gerüche unterschieden werden können. Gemäß Berichten können manche Parfumeure mehr als 5.000 Gerüche unterscheiden (vgl. Schandry, 2006). Die meisten Gerüche, die wir identifizieren, werden nicht nach ihrem Ursprung, also dem entsprechenden Geruchsmolekül benannt, sondern nach einer Substanz, für die der Geruch typisch ist. Die meisten dieser Gerüche sind allerdings Mischgerüche.

Schandry (2006) geht davon aus, dass es keine Basisgerüche gibt, von denen man andere Gerüche ableiten kann. Amoore (1970) hat eine Klassifikation von 7 Primärgerüchen erstellt.

Primärgeruch	Chemischer Auslöser	Alltagsgeruch
ätherisch	Dichloräthan	Fleckenwasser
kampferartig	Kampfer, 1,8-Cineol	Mottenpulver
moschusartig	Ringketone mit 15-17 C-Atomen (Zibeton)	Angelikawurzelöl
blumig	$\alpha$ -Ionon, $\beta$ -Phenyläthanol	Rose, Nelke
minzig	L-Menthol	Pfefferminze
stechend	organische Säuren	Essig
faulig	H <sub>2</sub> S, Äthylmerkaptan	Faule Eier
(schweißig)	Buttersäure, Isovaleriansäure	ranzige Butter Baldrian

**Tabelle 1:** Primärgerüche nach Amoore (1970)

Plattig (1995) gibt als achte Geruchsklasse *schweißig* an. Ein typischer Geruch dafür wäre ranzige Butter. Diese Klasse wird von Amoore ursprünglich zwar nicht erwähnt, sie kann aber durch Mischung hergestellt werden. Diese Einteilung ist im Großen und Ganzen bis heute gültig, allerdings wird sie immer wieder erweitert oder noch weiter zusammengefasst.

Obwohl der Mensch nicht über den besten Geruchssinn verfügt, ist er trotzdem hoch empfindlich. Im Extremfall ist ein einziges Geruchsmolekül ausreichend, um eine Reaktion der Sinneszellen auszulösen (Schandry, 2002). Es ist allerdings davon auszugehen, dass es in diesem Fall zu keiner bewussten

Geruchswahrnehmung kommt. Eine weitere Besonderheit des olfaktorischen Systems ist die Adaption. Wird ein Geruch über mehrere Minuten präsentiert, sinkt die subjektiv wahrgenommene Intensität deutlich ab. Die Adaption erfolgt nicht nur in den Rezeptorzellen selbst. Auch im Riechkolben (siehe Kapitel 1.3) kommt es im Rahmen der Signalweiterleitung zu einer aktiven Hemmung.

Das Besondere an den Sinneszellen des Geruchssystems ist, dass sie sich ständig erneuern (Schandry, 2002). Ihre Lebensdauer ist mit etwa einem Monat sogar sehr kurz. Diese Tatsache ist vor allem dahingehend interessant, da es sich bei den Rezeptoren um Neuronen mit einem Axon handelt. Das macht sie, soweit es bisher bekannt ist, einzigartig im gesamten Nervensystem des erwachsenen Menschen. Bei der Erneuerung werden aus Stammzellen in der Riechschleimhaut, durch mitotische Zellteilung, immer neue Neuronen gebildet.

Obwohl der Geruchssinn für den modernen Menschen nur eine untergeordnete Rolle spielt, hat sich herausgestellt, dass etwa zwei Prozent des gesamten Genoms, also etwa 600 bis 700 Gene, für die Geruchswahrnehmung zuständig sind. Das ist die größte bisher bekannte Genfamilie überhaupt. Welche Funktionen die jeweiligen Gene genau haben, ist allerdings noch nicht restlos geklärt (Faller & Schünke, 2004). Für diese Entdeckung wurden Buck und Axel (1991) im Jahr 2004 mit dem Nobelpreis für Medizin ausgezeichnet. Diese große Anzahl an Genen für die Geruchswahrnehmung deutet auch darauf hin, dass das Riechen für die Vorfahren des Menschen große Bedeutung hatte.

Köster (2002, siehe Tabelle 2) gibt einen guten Überblick über die Eigenschaften des Geruchssinns, auch im Vergleich mit anderen Sinnen (vor allem dem Sehen). Ein zentraler Unterschied zwischen dem Sehen und dem Riechen besteht darin, dass beim Sehen Relationen, also Größen, Entfernungen, Tiefe, etc. wahrgenommen werden. Beim Riechen hingegen handelt es sich um absolute Sinneseindrücke, die Qualität der Gerüche. Das Sehen gilt als so genannter Fernsinn, während das Riechen zu den Nahsinnen zählt. Visuelle Wahrnehmungen sind bei den meisten Menschen sehr ähnlich. Unterschiede liegen normalerweise nur in der Interpretation. Im Gegensatz dazu

kann beim Riechen nicht nur die Interpretation, sondern auch die Wahrnehmung selbst zwischen Personen stark variieren. Köster (2002) erklärt diesen Umstand damit, dass die Wahrnehmungsmechanismen des Sehens größtenteils angeboren sind. Beim Riechen sind hingegen nur grundlegende Mechanismen angeboren. Der Großteil wird im Lauf der Zeit durch Lernmechanismen erworben. Der Geruchssinn spielt in der bewussten menschlichen Wahrnehmung nur eine untergeordnete Rolle, während visuelle Reize wesentlich größere Bedeutung haben.

Sehen	Riechen	Konsequenzen für die Geruchsforschung und sensorische Analysen
Relative Wahrnehmung: <i>strukturell</i> (Intensität, Richtung, Tiefe, Größe, Entfernung, Bewegung, Form, etc.); Gute Unterscheidung der Intensität	Absolute Wahrnehmung: <i>nominell</i> (Qualitäten und Diskrimination); Schlechte Intensitätsdiskrimination	Mehr Forschung zur Verarbeitung der Geruchsqualität wird benötigt
Strikte Intersubjektivität ("fern") (angeborene Wahrnehmungsmechanismen); individuelle Variationen nur in der Interpretation	Keine strikte Intersubjektivität ("nah") (fast nichts angeboren); individuelle Variationen sowohl in der Wahrnehmung als auch in der Interpretation	Große Panels notwendig; Analyse von wahrnehmenden Personen
Gewöhnlich im Zentrum der Aufmerksamkeit ("offener" Sinn); auch unbewusste Informationsverarbeitung	Fast nie im Zentrum der Aufmerksamkeit ("versteckter" Sinn); unbewusste Wahrnehmung eher die Regel als die Ausnahme	Explizite (bewusste) Methoden können zu Artefakten führen; implizite Methoden (Reaktionszeit, Echtheit) wird benötigt
Es werden eher objektive Assoziationen gebildet	Es werden eher subjektive und emotionale Assoziationen gebildet	Mehr indirekte Untersuchungsmethoden werden benötigt
Semantisches Gedächtnis bedeutend; eher <i>explizites</i> Lernen bzw. Gedächtnis	Episodisches Gedächtnis bedeutend; eher <i>implizites</i> Lernen bzw. Gedächtnis	Situationsanalysen werden benötigt; Methoden für implizites Gedächtnis sind nötig; Fragen eher zum Verhalten als zu Gefühlen und Meinungen

**Tabelle 2:** Übersicht Sehen vs. Riechen (Köster, 2002, S.34)

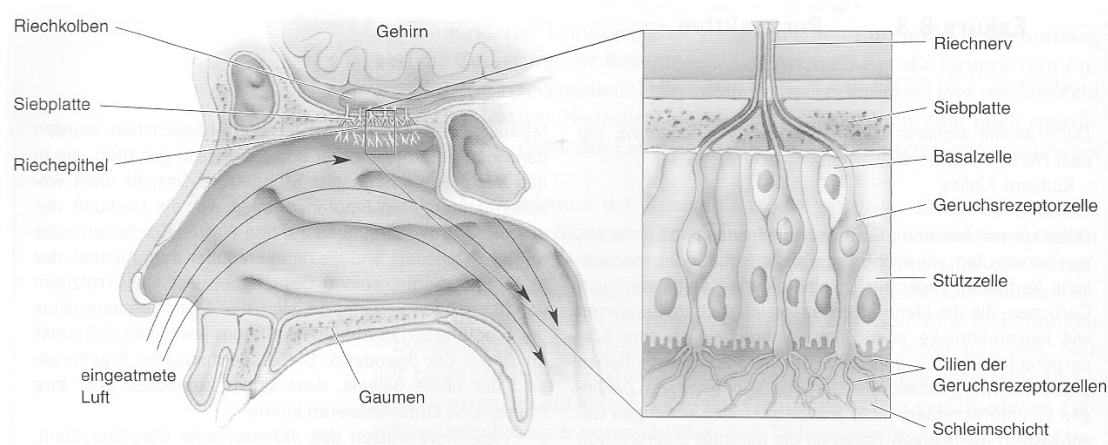
Durch visuelle Wahrnehmungen werden laut Köster (2002) eher objektive Assoziationen erstellt, während beim Riechen die subjektiven Assoziationen von größerer Bedeutung sind. Beim Riechen werden zusätzlich mehr emotionale Verbindungen aktiviert. Auch die Art des Lernens unterscheidet sich zwischen visueller und olfaktorischer Wahrnehmung. Optische Reize werden eher explizit, also bewusst, gelernt. Im Gegensatz dazu werden Geruchsreize eher implizit, also unbewusst, gelernt. Daher spielt beim Sehen das semanti-



sche Gedächtnis eine bedeutendere Rolle, während beim Riechen das episodische Gedächtnis wichtiger ist.<sup>1</sup>

### 1.3 Von der Nase ins Gehirn

Die Wahrnehmung von Gerüchen nimmt in den Rezeptorzellen, den so genannten Riechzellen, von denen sich etwa 10 Millionen in der Riechschleimhaut befinden, ihren Lauf (vgl. Faller & Schünke, 2004). Trotz dieser hohen Anzahl an Rezeptorzellen können nur etwa 350 verschiedene Rezeptortypen unterschieden werden. Diese sind zufällig über die Riechschleimhaut verteilt. Die Riechschleimhaut hat beim Menschen etwa eine Größe von 2-5 cm<sup>2</sup> und liegt in der Riechepithel. Die Riechzellen sind bipolare Neuronen, wobei sich der Dendrit der Zelle an der Oberfläche der Riechepithel befindet und der unmyelinisierte Axon zum Riechkolben (Bulbus olfactorius) zieht (siehe Abb. 1).

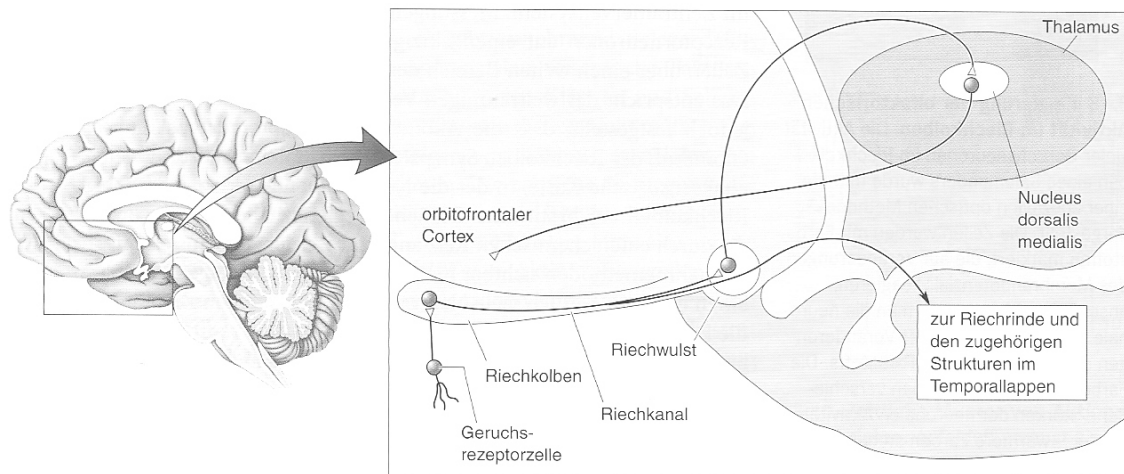


**Abb. 1:** Querschnitt des Nasen- und Rachenraums mit Struktur der Riechepithel (Bear, Connors & Paradiso, 2009, S. 290)

Der Riechkolben kann laut Schandry (2006) als „Ausstülpung der Hirnrinde“ betrachtet werden, da er aus grauer Substanz besteht und direkten Kontakt zum Kortex hat (siehe Abb. 2). Ähnlichkeit mit dem eigentlichen Kortex hat der Riechkolben auch dahingehend, dass er ebenso in sechs Schichten ge-

<sup>1</sup> Das semantische Gedächtnis enthält Faktenwissen über die Welt, das wir im Lauf der Zeit (bewusst) gelernt haben. Im Gegensatz dazu werden im episodischen Gedächtnis frühere Erfahrungen gespeichert. Diese Erfahrungen werden unbewusst gelernt (vgl. Eysenck, 2001).

gliedert ist. Die Axone aus dem Riechkolben wandern dann gebündelt als Tractus olfactorius in die verschiedenen Areale des Riechhirns (siehe Abb. 3).

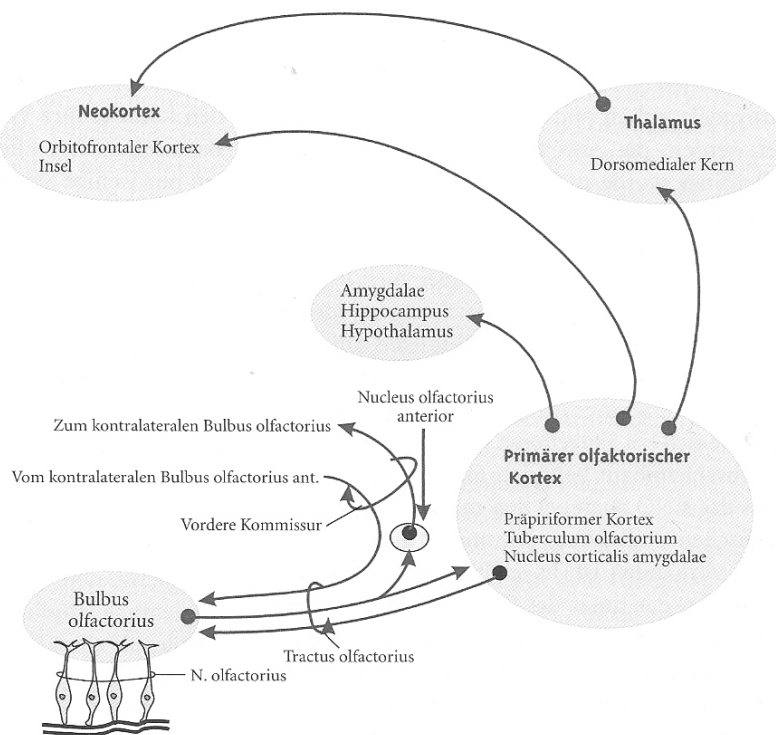


**Abb. 2:** Lage des Riechkolbens und weitere Verbindungen (Bear et al., 2009, S. 297)

Die wichtigsten Bereiche des Riechhirns befinden sich im unteren Temporalappen (siehe Abb. 2). Es besteht aus folgenden Bereichen:

- Riechrinde (Tuberculum olfactorium)
- Präpiriformer Kortex (primärer olfaktorischer Kortex)
- Mandelkerne (Amygdalae)

Die Riechrinde ist Teil eines stammesgeschichtlich älteren Kortexareals. Das unterstützt die Annahme, dass das Riechen eine phylogenetisch sehr alte Sinneswahrnehmung ist (Schandry, 2002). Es besteht die Annahme, dass in der Riechrinde eine detaillierte Geruchsanalyse stattfindet. Der präpiriforme Kortex ist die primäre Riechrinde des Neokortex. Beim Menschen ist dieses Areal im Vergleich zu Tieren, die einen besonders ausgeprägten Geruchssinn haben, eher klein. Die Amygdalae sind Teil des limbischen Systems. Durch die enge Verbindung der Riechbahn mit dem limbischen System, ist die enge Verknüpfung zwischen Gerüchen und Emotionen zu erklären. Besonders auffällig ist, dass die Riechbahn nur wenige Schaltstellen bis zum limbischen System aufweist (siehe Abb. 3).



**Abb. 3:** Verschaltungen der Riechbahn vom Riechkolben bis in die kortikalen Areale (Schandry 2002, S. 295)

Von diesen drei Bereichen des Riechhirns verlaufen Fasern zum Thalamus. Von dort gibt es weitere Verbindungen zum orbitofrontalen Kortex (siehe Abb. 3). Wenn es zu Läsionen in diesem Bereich kommt, wird meist auch von Beeinträchtigungen des Geruchssinns berichtet. Es wird davon ausgegangen, dass in diesem Bereich Gerüche bewusst unterschieden werden.<sup>2</sup>

### 1.3.1 Geruchsgedächtnis

Wilson und Stevenson (2003) gehen davon aus, dass die Wahrnehmung von Gerüchen stark von Gedächtnis- und Lernmechanismen abhängt. Das zeigt sich auch darin, dass Menschen Schwierigkeiten haben, ihnen unbekannte Gerüche zu unterscheiden. Die Autoren postulieren, dass Gerüche gelernt werden, indem Schaltkreise des Riechkolbens geruchsspezifische Muster im piriformen Kortex speichern. Wird nun ein Geruch oder eine Mischung mehrerer Gerüche präsentiert, werden diese geruchsspezifischen Muster aktiviert und zu einer individuellen Wahrnehmung zusammengefügt.

<sup>2</sup> Für weiterführende Informationen zum Verlauf der Riechbahn siehe Schandry (2006) und Birbaumer und Schmidt (2006).

Bis heute ist noch nicht genau geklärt, wie Gerüche genau verarbeitet und gemerkt werden. Am meisten vertreten ist die Annahme, dass Gerüche verbal codiert werden und so im Arbeitsgedächtnis gehalten und später, wie andere Erinnerungen auch, ins Langzeitgedächtnis überführt werden. In ihrer Überblicksarbeit berichten Herz und Engen (1996) Ergebnisse, die diese Annahme wesentlich stützen: So konnten sie zeigen, dass olfaktorische Reize über verbale Elemente verarbeitet bzw. gespeichert werden. Bekannte und benennbare Gerüche können besser gemerkt werden, auch wenn diese zuvor unbekannt waren. Weiters zeigte sich, dass verbale Ablenkungsaufgaben das Kurzzeitgedächtnis für Gerüche beeinflussen können. Allerdings gibt es auch Untersuchungsergebnisse, die gegen eine verbale Verarbeitung sprechen. Es wird von einer Untersuchung von Lawless und Cain (1975) berichtet, in dem sich zeigte, dass die Benennung von Gerüchen keinen Einfluss auf die Merkleistung hatte. Die Autoren weisen daher darauf hin, dass noch weitere Untersuchungen vor allem mit bildgebenden Verfahren notwendig sind, um genauere Aufschlüsse zu erhalten.

Zelano, Montag, Khan und Sobel (2009) untersuchten, ob es ein spezielles Arbeitsgedächtnis für olfaktorische Reize gibt. Dazu wurden in einer Studie mit funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRI)<sup>3</sup> benennbare und schwer benennbare Gerüche vorgegeben. Bei benennbaren Gerüchen wurde eine deutliche Aktivierung in Regionen gefunden, die mit dem Arbeitsgedächtnis für phonologische Reize in Verbindung gebracht werden. Bei schwer oder gar nicht benennbaren Gerüchen, zeigte sich diese Aktivierung nicht. Allerdings waren Bereiche des piriformen Kortex, dem die Verarbeitung von Gerüchen zugesprochen wird, stärker aktiviert.

Zelano et al. (2009) schließen daraus, dass bei benennbaren Gerüchen der Name des Geruchs im Arbeitsgedächtnis aufrecht erhalten wird. Kann ein Geruch schlecht oder gar nicht benannt werden, versucht man, den Geruch selbst im Arbeitsgedächtnis zu halten. Da dies zu einer Aktivierung in unterschiedlichen Gehirnregionen führt, gehen die Autoren davon aus, dass es im

---

<sup>3</sup> fMRI ist ein bildgebendes Verfahren, das sich der Magnetresonanztomographie bedient. Es werden Aktivierungen in bestimmten Hirnarealen mit sehr guter räumlicher Auflösung dargestellt. Da sauerstoffreiches Blut andere magnetische Eigenschaften aufweist als sauerstoffarmes Blut, können Areale, die aktiver sind und somit stärker durchblutet werden, identifiziert werden (vgl. Schandry, 2002).

primären olfaktorischen Kortex eine Art Arbeitsgedächtnis gibt, das speziell für Gerüche zuständig ist.

## **1.4 Einflussfaktoren auf die Geruchswahrnehmung**

Es gibt verschiedene Einflussfaktoren, die sich auf die Riechfähigkeit auswirken können. Das sind einerseits biologische Faktoren wie Alter oder Geschlecht, aber auch Umgebungsfaktoren, wie z.B. Temperatur oder Luftfeuchtigkeit. In ihrer hierarchischen Regressionsanalyse haben Larsson, Nilsson, Olofsson und Nordin (2004) Faktoren zur Vorhersage der Geruchsidentifikationsleistung ermittelt. Es hat sich gezeigt, dass Alter, Geschlecht, kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit, Bildungsstatus und Wortschatz zur Vorhersage der Leistungsfähigkeit beim Erkennen von Gerüchen beitragen.

### **1.4.1 Geschlecht**

Verschiedene Untersuchungen berichten, dass Frauen in Geruchstests besseren Testleistungen erbringen (vgl. Doty & Cameron, 2009). Die Ergebnisse in diesem Bereich sind allerdings nicht konsistent. Hummel, Kobel, Gudziol und Mackay-Sim (2007) haben eine groß angelegte Normierungsstudie mit über 3000 Testpersonen unter Verwendung der *Sniffin' Sticks* (siehe Kapitel 5.3.6) durchgeführt. Dabei konnte in keinem der getesteten Bereiche, also weder der Wahrnehmungsschwelle, noch der Diskriminationsfähigkeit oder der Identifikationsfähigkeit, ein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen gefunden werden. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Larsson, Finkel und Pedersen (2000). Allerdings handelte es sich bei dieser Untersuchung um eine Befragung zur Selbsteinschätzung der Probanden.

Fusari und Ballesteros (2008) konnten in ihrer Untersuchung feststellen, dass es nur in der Altersgruppe der jüngeren Alten, die im Altersbereich zwischen 60 und 69 Jahren lagen, signifikante Geschlechtsunterschiede zwischen Männern und Frauen gibt. Sowohl bei den jungen Erwachsenen mit einem Durchschnittsalter von etwa 25 Jahren, als auch in der ältesten Gruppe zwischen 70 und 79 Jahren, konnten keine signifikanten Geschlechtsunterschiede in der Identifikationsfähigkeit festgestellt.

Yousem et al. (1999) untersuchten Geschlechtsunterschiede bei Geruchspräsentationen mittels fMRI. In dieser Untersuchung wiesen Frauen eine bessere Geruchsidentifikationsleistung und eine sensitivere Wahrnehmungsschwelle auf. Im Rahmen der Bildgebung zeigte sich, dass Frauen eine bis zu acht Mal höhere Aktivität in für olfaktorische Reize relevanten Kortexarealen aufwiesen als Männer. Das konnte in dieser Untersuchung für alle Altersgruppen festgestellt werden.

#### **1.4.2 Alter**

Auch das Alter hat bedeutenden Einfluss auf die Riechfähigkeit. Hummel et al. (2007) stellten in ihrer Normierungsstudie fest, dass es einen signifikanten Alterseinfluss auf die Riechfähigkeit gibt. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die Testpersonen in vier Altersgruppen eingeteilt: 5-15 Jahre, 16-35 Jahre, 36-55 Jahre und über 55 Jahre. Die Untersuchungsergebnisse zeigten eine schlechtere Riechfähigkeit bei den unter 16jährigen und den über 55jährigen Probanden gezeigt. Das Alter der Teilnehmer wirkte sich bei der Wahrnehmungsschwelle am stärksten aus. Hier erzielte die jüngste Gruppe die schlechteste Leistung. Bei der Diskriminationsfähigkeit zeigte die älteste Gruppe signifikant schlechtere Leistungen als die anderen drei Gruppen. Im Identifikationstest wiesen die jüngsten und die ältesten Studienteilnehmer die schlechteste Leistung auf. Die besten Testergebnisse erzielte die Altersgruppe der 16- bis 35jährigen. Bereits in der Altersgruppe zwischen 35 und 55 Jahren zeigte sich eine signifikante Leistungsverschlechterung im Gegensatz zur Altersgruppe 16 bis 34 Jahre.

Nach Steinbach, Staudenmaier, Hummel und Arnold (2008) ist eine Beeinträchtigung des Geruchssinns im Alter eine häufige Erscheinung. Der Verlust der Riechfähigkeit wirkt sich auch auf die Lebensqualität im Alter aus. Es kann dadurch zu Appetitlosigkeit oder Schwierigkeiten bei der Körperhygiene kommen. Die Autoren empfehlen daher, ein regelmäßiges Geruchs- und Gedächtnistraining mit zunehmendem Alter. Bei bereits vorhandener Störung des Geruchssinns sollten unbedingt Rauch- und Gasmelder installiert werden, da das Nicht-Erkennen dieser Gefahren lebensbedrohlich sein kann.

### **1.4.3 Stimmung und Emotion**

Die aktuelle Stimmung kann die Geruchswahrnehmung beeinflussen. Umgekehrt können Gerüche aber auch auf die Stimmung einwirken. Warrenburg (2005) stellte fest, dass die Stressreduzierung durch die Präsentation bestimmter Gerüche gefördert werden kann. In seiner Untersuchung zeigte sich, dass Gerüche die Muskelentspannung in der Schulterpartie fördern können.

Allerdings kann man den Einfluss von Gerüchen auf die Stimmung von Personen nicht immer verallgemeinern. Seubert, Rea, Loughhead und Habel (2009) fanden heraus, dass es Duftstoffe gibt, auf die Männer und Frauen unterschiedlich reagieren. Frauen bewerteten Vanilleduft als angenehmer. Bei Männern rief der dieser Geruch allerdings eine positivere Stimmung hervor als bei Frauen. Dieser Unterschied war aber nicht signifikant. Beim Duftstoff Eugenol, dem Geruch nach Gewürznelken, hat sich gezeigt, dass Frauen anschließend über eine signifikant bessere Stimmung berichteten als Männer. Diese Ergebnisse sind auch für weitere Geruchsstudien von großer Bedeutung, da immer berücksichtigt werden muss, dass die präsentierten Gerüche auf Männer möglicherweise andere Einflüsse haben als auf Frauen.

### **1.4.4 Umgebungsfaktoren**

Auch die Umgebungsfaktoren wirken sich stark auf die Leistungsfähigkeit des Geruchssinns und die Geruchswahrnehmung aus. Die Riechfähigkeit ist schlechter, wenn die Luft sehr trocken oder die Temperatur niedriger ist. Auch eine Geruchsbelastung durch Umgebungsgerüche kann die Geruchswahrnehmung stark beeinflussen. (Birbaumer & Schmidt, 2006). Daher sollte bei Geruchsstudien generell auf einen gut belüfteten Raum mit möglichst konstanter Raumtemperatur und angemessener Luftfeuchtigkeit geachtet werden.

### **1.4.5 Einnahme von Substanzen**

Es gibt verschiedene Medikamente, die sich auf die Geruchswahrnehmung auswirken. Einige Antibiotikapräparate können die Riechfähigkeit beeinträchtigen, das kann sogar bis hin zur gänzlichen Anosmie führen. Meist klingen die Symptome sehr bald nach Absetzen des Präparats ab (Diamond, 1991).

Auch Penicillin kann eine Störung des Geruchssinns hervorrufen (Henkin, 1994). Der Autor beschreibt auch einen Einfluss von Medikamenten zur Senkung der Blutfettwerte auf die Geruchswahrnehmung. Auch hier konnte bei einigen Präparaten eine verringerte Riechfähigkeit festgestellt werden. Bei den meisten Präparaten stellte sich bald nach Absetzen des Medikaments die ursprüngliche Leistungsfähigkeit wieder ein. Es gibt aber auch Untersuchungen, die eine bleibende Beeinträchtigung der Riechfähigkeit durch Einnahme von Medikamente zur Senkung der Blutfettwerte ergaben (Henkin, 1994).

Ephedrin oder Amphetamine haben eigentlich eine gefäßverengende Wirkung. Bei einer Einnahme über sehr lange Zeit verlieren sie diese und können zu einer chronischen Schwellung der Nasenschleimhaut führen. In den meisten Fällen klingt diese kurze Zeit nach Absetzen der Einnahme ab (Diamond, 1991).

Auch Kokain, das heute teilweise noch als Lokalanästhetikum im Nasen- und Rachenbereich verwendet wird, hat massiven Einfluss auf die Riechfähigkeit. Vor allem bei Einnahme über die Nase wird die Regeneration der Riechschleimhaut beeinträchtigt. Diese Effekte können auch bei Kokainmissbrauch auftreten (Ackerman & Kasbekar, 1997).

## **1.5 Parameter zur Erfassung der Geruchsleistung**

Psychometrische Testverfahren zur Erfassung der Riechfähigkeit sind schwierig zu erstellen und in ihrer Interpretation auch eher komplex. Rawson (2000, S. 263) hat dafür folgende Erklärung: „The complexity is due to rapid adaption [...]; the comparably vast number of potential stimuli; the lack of an odor classification scheme [...]; and the greater difficulty in controlling the stimulus and its delivery.“ Generell unterscheidet man drei verschiedene Bereiche der Geruchstestung:

- Wahrnehmungsschwelle,
- Diskriminationsfähigkeit und
- Identifikationsfähigkeit



### **1.5.1 Wahrnehmungsschwelle**

Das Ziel dieser Untersuchungsmethode ist es, jene Konzentration eines Geruches herauszufinden, welche die Testperson gerade noch wahrnimmt. Dazu werden zwei oder mehr Luftströme präsentiert. Die Testperson soll dann entscheiden, welche einen Duftstoff enthält. Um eine Wahrnehmungsschwelle zu ermitteln, gibt es unterschiedliche Verfahren (Johnson, Khan & Sobel, 2008). Die ascending methods of limits (AML) und die adaptive staircase method sind die wichtigsten Methoden zur Stimulusvorgabe. Unter Verwendung der AML wird eine Sequenz an Konzentrationen rund um die vermutete Schwelle präsentiert. Man startet dabei bei der niedrigsten Konzentration. Wenn eine Stufe richtig erraten wird, wird sie zur Kontrolle ein weiteres Mal vorgegeben. Wird falsch entschieden, wird die nächsthöhere Konzentration präsentiert. Die Messung endet, wenn eine vorher festgelegte Anzahl an richtigen Antworten gegeben wird. Die ASM ist ähnlich der AML. Dabei wird zufällig eine Konzentration gewählt, die niedriger ist als die erwartete Schwelle. Bei zwei aufeinanderfolgenden richtigen Antworten einer Konzentrationsstufe wird die nächste niedrigere Stufe präsentiert, bei einer falschen Antwort wird die nächsthöhere Stufe vorgegeben. Die Testung endet typischerweise nach einer vorher festgelegten Anzahl an zu ermittelnden Wendepunkten.

### **1.5.2 Diskriminationsfähigkeit**

Bei der Diskriminationsfähigkeit wird die Fähigkeit untersucht, zwischen zwei Gerüchen zu unterscheiden. Diese Fähigkeit ist in der Verarbeitung um eine Stufe komplexer als die Wahrnehmungsschwelle (Johnson et al., 2008). Man unterscheidet hier zwischen der Vorgabe von zwei identen Gerüchen unterschiedlicher Konzentration und der Präsentation von unterschiedlichen Gerüchen bei gleicher Dosierung. Die Herausforderung an die Testperson ist dabei, dass der Geruch nicht nur wahrgenommen werden muss. Zusätzlich muss der Geruch im Gehirn repräsentiert und im Kurzzeitgedächtnis gehalten werden. Nur so hat man die Möglichkeit, zwei Gerüche miteinander zu vergleichen.

Um diese Fähigkeit zu untersuchen, kann man einerseits zwei Gerüche präsentieren und der Testperson die Aufgabe stellen, zu entscheiden, ob diese

beiden Gerüche ident sind oder nicht. Eine andere Version der Testung ist die Vorgabe von drei Gerüchen, wobei die Person die Aufgabe hat, herauszufinden, welcher Geruch sich von den beiden anderen unterscheidet.

### **1.5.3 Identifikationsfähigkeit**

Die Identifikation von Gerüchen steht in der Komplexitätshierarchie noch eine Stufe über der Diskrimination (Johnson et al., 2008). Denn hier ist nicht nur eine Repräsentation im Kurzzeitgedächtnis nötig. Die Aufgabe besteht hier darin, eine Repräsentation des Geruchs zu erstellen und diese mit einer semantischen Repräsentation aus dem Langzeitgedächtnis zu verknüpfen. Typischerweise wird zur Überprüfung dieser Fähigkeit ein Geruch mit mehreren Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Bei Identifikationstests ist zu beachten, dass hier kulturelle Faktoren das Testergebnis beeinflussen können. Manche Gerüche sind in bestimmten Kulturkreisen präsenter als in anderen (vgl. Plating, 1995).

## **1.6 Geruch und Verhalten**

Duftstoffe sind in hohem Maß verhaltenssteuernd. Dies geschieht in den meisten Fällen unbewusst. So kann der Geruch einer Person über die empfundene Sympathie/Antipathie des Gegenübers entscheiden. Labbe, Rytz, Morgenegg, Ali und Martin (2007) stellten in ihrer Untersuchung fest, dass die Präsentation von Gerüchen unter der Wahrnehmungsschwelle die Geschmackswahrnehmung verändern kann. Durch die Präsentation von Ethylbutyrat (Erdbeergeruch) wurde ein Getränk signifikant süßer beurteilt. Ähnliche Ergebnisse erzielten Lavlin und Lawless (1998) mit der Präsentation von Vanillearoma während der Verkostung von Milch. Die Milch wurde während des Riechens von Vanille signifikant süßer bewertet.

Eine weitere Untersuchung (Holland, Hendrik & Aarts, 2005) zeigte, dass die Vorgabe eines Geruchs von Allzweckreiniger das Reinigungsverhalten der teilnehmenden Personen beeinflusste und das, obwohl die Präsenz des Geruchs kaum einem Teilnehmer bewusst war. Als der Geruch des Allzweckreinigers vorgegeben worden war, verhielten sich die Teilnehmer wesentlich

reinlicher beim Essen. Essensreste wurden sofort nach dem Essen aufgeräumt.

Die Beeinflussung der Beurteilung der Attraktivität von Gesichtern durch die Präsentation von so genannten Pheromonen (vgl. Kapitel 1.7.3) wurde in verschiedenen Studien bestätigt. In einer weiteren Untersuchung zu diesem Thema von Demattè, Österbauer und Spence (2007) stellte sich heraus, dass auch andere Gerüche auf die Beurteilung der Attraktivität einwirken können. Während der Vorgabe unangenehmer Gerüche wurden die präsentierten Gesichter signifikant unattraktiver bewertet als während der Präsentation angenehmer Gerüche oder bei reiner Luft.

### **1.6.1 Einfluss auf das Kaufverhalten**

Der Einfluss unterschwelliger Gerüche auf das menschliche Verhalten erweckte auch das Interesse der Wirtschaft. Es stellt sich die Frage, ob es möglich ist, Kaufentscheidungen des Kunden durch Umgebungsgerüche zu beeinflussen. In einer Hotelkette in den USA erwartet den Gast bei der Ankunft ein Duft nach frischem Apfelkuchen. Man soll sich dadurch in die Kindheit zurückversetzt fühlen. Das Ziel ist es, durch Düfte eine glückliche, heile Welt zu suggerieren. (Hatt & Dee, 2008).

Bei vielen Marken versucht man heute nicht nur durch ein Logo oder eine bestimmte Farbwahl seine Marke einzigartig zu machen. Es wird auch daran gearbeitet, typische Düfte für Marken zu entwickeln. Dieser soll der entsprechenden Zielgruppe nicht nur gefallen, sie soll sich damit auch identifizieren können. Dadurch wird versucht, eine stärkere Markenbindung zu erzielen. Sehr oft ist man sich dieser Gerüche gar nicht bewusst. So versuchen z.B. manche Reisebüros durch den Duft nach Meer eine Assoziation mit Urlaub und Unbeschwertheit zu erwecken. (Hatt & Dee, 2008).

Es stellt sich natürlich die Frage, ob diese Strategien erfolgreich sind. Hatt und Dee (2008) berichten von einer Untersuchung des Neurologen Alan Hirsch, der in Las Vegas zwei Casinos mit unterschiedlichen Raumdüften versetzte. Obwohl beide Gerüche als angenehm empfunden wurden, konnten in einer der beiden Spielhallen die Besucher derart zum Spielen animiert

werden, dass der Umsatz um 45 Prozent stieg, während sich in der anderen Spielhalle keine Veränderung zeigte. Welche Gerüche der erfolgreiche Duft enthielt wurde natürlich nicht verraten.

Bone und Ellen (1999) heben hervor, dass nicht jeder Duft, auch wenn er als angenehm empfunden wird, verkaufsfördernd wirken kann. Es ist generell wichtig, dass der Geruch auch zum Produkt passt. Sonst wirkt der Geruch auf den Konsumenten möglicherweise verunsichernd. Die Autorinnen merken an, dass die Untersuchungsergebnisse in diesem Bereich uneindeutig sind und weitere Forschungs mit gutdurchdachten Studiendesigns notwendig sind.

### **1.6.2 Aromatherapie**

Bereits die Ägypter setzten Düfte bei religiösen Ritualen ein. Außerdem verwendeten sie Salben und Öle zur Kosmetik und zur Reinigung. Ähnliche Berichte gibt es auch aus China oder der griechischen Antike. Dort galt ein guter Duft als Anwesenheit der Götter (Keller, 2002). In den meisten Religionen spielt der Einsatz von duftenden Substanzen eine bedeutende Rolle (Keller, 2002).

Anfang des 20. Jahrhunderts wurde der Begriff *Aromatherapie* durch den französischen Chemiker Gattefosse geprägt. In verschiedenen Selbstexperimenten hat er angenehme und zum Teil auch heilende Wirkungen von Duftstoffen festgestellt (vgl. Hatt & Dee 2008; Plattig 1995). Ätherische Öle finden bis heute großen Anklang als Badezusätze. Verschiedenen Düften werden dabei unterschiedliche Wirkungen zugesprochen. So soll Melisse beruhigend wirken, Eukalyptus und Minze sollen die Atemwege befreien. Rosmarin und Zitrusöl wird eine kreislaufanregende Wirkung nachgesagt und Lavendel soll den Blutdruck senken.

Gerüchen werden nicht nur Auswirkungen auf die körperliche Gesundheit nachgesagt. Manche Duftstoffe sollen auch psychotherapeutische Effekte zeigen. So sollen z.B. Bergamottöl, Rosen oder Limonen zur Lösung von Angstzuständen beitragen oder Jasmin, Orange, Sandelholz u.a. bei der Behandlung von Depressionen unterstützen (vgl. Plattig 1995). Generell spricht sich Plattig (1995) nicht gegen die positive Wirkung von Aromen auf psychi-

sche Probleme aus. Allerdings sollten diese nicht die psychologische bzw. psychotherapeutische Behandlung ersetzen, sondern nur ergänzen. Er weist aber deutlich darauf hin, dass bestimmte Aromen auch als Heilmittel gegen schwere körperliche Erkrankungen wie z.B. Krebs angepriesen werden. Hier ist vor allem in Anbetracht der psychischen Verfassung der betroffenen Personen Vorsicht geboten, da bisher noch kein wissenschaftlicher Wirkungsnachweis erbracht werden konnte. Deshalb ist die Aromatherapie in der Schulmedizin eine sehr umstrittene Form der Therapie und wird – wenn überhaupt – nur als ergänzende Maßnahme empfohlen.

### **1.6.3 Pheromone**

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts weiß man, dass es gewisse geschlechtsspezifische Botenstoffe gibt, die das Sexualverhalten von Tieren beeinflussen. Mittlerweile geht man davon aus, dass es diese Stoffe auch beim Menschen gibt. Für wissenschaftliche Untersuchungen werden Steroide eingesetzt, von denen man ausgeht, dass sie wie menschliche Pheromone wirken. Typischerweise wird 4,16-androstadien-3-one (AND) als männliches und 1,3,5(10)16-estratetraen-3-ol (EST) als weibliches Pheromon verwendet.

In einer Untersuchung von Lundström, Gonçalves, Esteves und Olsson (2003) zeigte sich, dass sich die Stimmung von Frauen durch die Präsentation von AND veränderte. Die Probandinnen waren nach der Vorgabe des Steroids signifikant fokussierter als zuvor. Dieser Effekt zeigte sich unabhängig vom Menstruationszyklus der Teilnehmerinnen. Eine weitere Untersuchung überprüfte die unterschiedliche Wirkung von AND auf Männer und Frauen (Bensafi, Tsutsui, Khan, Levenson & Sobel 2004). In dieser Untersuchung konnte festgestellt werden, dass AND bei Frauen die positive Stimmung steigerte und die negative senkte. Bei Männern zeigte sich der gegenteilige Effekt.

Olsson, Lundström, Diamantopoulou und Esteves (2006) haben den Botenstoff EST in ihrer Untersuchung eingesetzt. In dieser Studie zeigte sich, dass Männer unterschiedlich darauf reagierten, abhängig davon, ob die Untersuchung von einem Mann oder einer Frau durchgeführt wurde. Ein gleichgeschlechtlicher Versuchsleiter steigerte die negative Stimmung. Die Autoren

weisen darauf hin, dass dieses Ergebnis beim Design zukünftiger Studien berücksichtigt werden sollte, da es möglicherweise eine Erklärung für die Inkonsistenz bisheriger Untersuchungen sein könnte.

Alle oben genannten Untersuchungen beschäftigten sich mit heterosexuellen Testpersonen. Berglund, Lundström und Savic (2006) untersuchten die Effekte bei homosexuellen Frauen. Diese zeigten bei der Vorgabe von AND nicht dieselben Aktivierungen im Gehirn wie heterosexuelle Frauen. Allerdings zeigten sie bei der Präsentation von EST vergleichbare Aktivierungen wie heterosexuelle Männer. Homosexuelle Männer zeigen hingegen vergleichbare Aktivierungen wie heterosexuelle Frauen.

#### **1.6.4 Geruch und kognitive Prozesse**

Gerüche können sich auch auf kognitive Prozesse auswirken. In einer Studie von Ludvigson und Rottmann (1989) zeigte sich, dass Lavendelgeruch bei Männern und Frauen schlechtere Leistungen bei mathematischen Aufgaben hervorrief. Dieser Effekt zeigte sich allerdings nur bei der ersten Präsentation des Duftstoffs. Bei wiederholter Vorgabe wurde kein Einfluss mehr gefunden.

Finkelmeyer et al. (2010) untersuchten den Einfluss von Gerüchen auf die Leistung im Stroop-Test.<sup>4</sup> Die Resultate dieser Studie zeigten, dass sich der so genannte Stroop-Effekt, also die verlängerte Reaktionszeit bei inkongruenten Items, bei denen Farbe und Wort nicht übereinstimmen, durch die Präsentation eines unangenehmen Geruchs deutlich verringerte. Die Autoren erklären dieses Ergebnis mit einer analytischeren bzw. fokussierteren Verarbeitung von Reizen während negativer Stimmung.

Walla et al. (2003) untersuchten in einer Magnetenzephalographie-Studie (MEG)<sup>5</sup>, in wie weit olfaktorische Stimuli die semantische Verarbeitung von

---

<sup>4</sup> Die Aufgabe im Stroop-Test ist es, die Druckfarbe der vorgegebenen Wörter zu benennen. Die präsentierten Wörter sind aber Namen von Farben. Es hat sich gezeigt, dass Reaktionszeit und Fehlerhäufigkeit deutlich steigen, wenn das Wort nicht der gedruckten Farbe entspricht (Stroop-Effekt). Dieser Effekt zeigt, dass automatische Prozesse nur wenig Aufmerksamkeit benötigen und auch schwer zu unterbrechen. (vgl. Anderson, 2001).

<sup>5</sup> Im MEG wird die magnetische Aktivität des Gehirns gemessen. Die magnetische Aktivität wird durch elektrische Signale in aktiven Neuronen erzeugt. Der Vorteil des MEG ist eine gute räumliche und zeitliche Auflösung, der bedeutendste Nachteil ist, dass die Lokalisation nur dann erfolgreich gemessen werden kann, wenn das zugrunde liegende Modell richtig ist. (Schandry, 2002).

Wörtern beeinflussen. Die Untersuchung ergab, dass es für die Probanden schwieriger war, sich Wörter zu merken, wenn bei der Präsentation des Wortes gleichzeitig ein wahrnehmbarer Geruch nach Phenylethylalkohol (PEA; Rosenduft) vorgegeben wurde. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass bewusste olfaktorische Reize die semantische Verarbeitung von Wörtern beeinflussen. Die Autoren gehen daher davon aus, dass „word and odor processing compete with same neural systems.“ (Walla et al., 2003, S. 115).

Geruchsreize können auch die Verarbeitung von Gesichtern beeinflussen. Walla, Mayer, Deecke und Lang (2005) stellten in ihrer Untersuchung fest, dass Gesichter besser gemerkt werden können, wenn Duftstoff PEA gleichzeitig mit der Präsentation des Gesichts vorgegeben wird. Auch ein unangenehmer Geruch nach faulen Eiern (Duftstoff Schwefelwasserstoff; H<sub>2</sub>S) konnte die Anzahl der erinnerten Gesichter im Vergleich zur Kontrollbedingung, in der reine Luft gleichzeitig mit den Gesichtern präsentiert wurde, steigern. Eine Reizung des trigeminalen Systems (siehe Kapitel 1.9) durch Kohlendioxid verschlechterte die Merkleistung von Gesichtern.

## 1.7 Verlust des Geruchssinns

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen *Anosmie* und *Hyposmie*. Unter Anosmie versteht man die „inability to detect any odor“ (Rawson, 2000, S. 270). Dieser komplette Verlust des Geruchssinns ist relativ selten. Die Wahrscheinlichkeit für eine Anosmie steigt allerdings mit zunehmendem Alter. Es gibt auch Fälle, in denen nur einzelne Substanzen nicht wahrgenommen werden, hier spricht man von spezifischer Anosmie. Eine Anosmie kann verschiedene Ursachen haben, z.B. eine Kopfverletzung, bei der der N. olfactorius (I. Hirnnerv) verletzt wird, aber auch bakterielle oder virale Infektionen. Eine Hyposmie ist eine verminderte Riechfähigkeit. Sie kann entstehen, wenn sich die Riechfähigkeit nach einer Anosmie erholt. Eine Hyposmie kann auch infolge einer Entzündung oder durch verschiedene Medikamente auftreten.

Stoddart (1995) geht davon aus, dass auf die Frage, welchen Sinn sie am ehesten opfern würden, wenn sie sich entscheiden müssten, die meisten Menschen wahrscheinlich mit *den Geruchssinn* antworten würden. Die eigentliche Auswirkung des Geruchsverlusts kann man aber erst ermessen,

wenn man nichts mehr riechen kann. Steinbach et al. (2008) weisen darauf hin, dass der Verlust der Riechfähigkeit hat weitreichende Folgen im alltäglichen Leben. Diese Beeinträchtigung führt oft zu vermindertem Appetit und in weiterer Folge zu einem Gewichtsverlust. Es kann zu Schwierigkeiten bei der eigenen Körperhygiene kommen, was zu sozialer Isolation bis hin zu Depressionen führen kann. Ein weiteres Risiko ist, dass Gefahren wie z.B. Rauch oder Gas nicht wahrgenommen werden können. Zusätzlich besteht eine erhöhte Gefahr an einer Lebensmittelvergiftung zu erkranken, da verdorbene Nahrungsmittel nicht mehr erkannt werden.

Diese Auflistung der möglichen Auswirkungen eines Geruchsverlustes zeigt, wie wichtig das Riechen im Alltag ist. Smeets et al. (2009) haben daher untersucht, welchen Einfluss eine Anosmie auf die subjektiv empfundene Lebensqualität hat. Dabei stellte sich heraus, dass Personen mit Anosmie über eine signifikant schlechtere Lebensqualität berichteten als die gesunde Vergleichsstichprobe.

## **1.8 Geruch und psychische Erkrankungen**

Zur Beeinträchtigung des Geruchssinns bei verschiedenen psychischen Störungen gibt es zahlreiche Untersuchungen. Dabei konnte gezeigt werden, dass bei vielen psychischen Erkrankungen auch Störungen der Riechfähigkeit auftreten. Manchmal ist diese mit neurodegenerativen Entwicklungen im zentralen Nervensystem zu erklären. Sehr oft sind die Zusammenhänge auf physiologischer Ebene aber noch unklar. Da es aber bei verschiedenen psychischen Erkrankungen zu einer Beeinträchtigung des Geruchssinns kommt, ist eine enge Vernetzung naheliegend.

### **1.8.1 Affektive Störungen**

Es ist aus verschiedenen Untersuchungen bekannt, dass die aktuelle Stimmung kognitive Leistungen beeinflussen kann (vgl. z.B. Clark & Teasdale, 1985). Auch die Geruchsleistung kann durch Stimmungen beeinflusst werden. Daher ist es naheliegend, dass auch Affektive Störungen, hier im speziellen die Depression, die Riechfähigkeit beeinträchtigen kann.



Die Untersuchungsergebnisse in diesem Bereich sind allerdings ambivalent. Pause, Miranda, Göder, Aldenhoff und Ferstl (2001) stellten in ihrer Untersuchung fest, dass Patienten mit mittlerer oder schwerer Depression eine höhere Wahrnehmungsschwelle für die Substanzen Phenylethylalkohol (PEA), der nach Rose riecht und Eugenol (Gewürznelke) zeigten. Es konnte auch ein Zusammenhang mit dem Schweregrad der Depression festgestellt werden. Nach einer psychiatrischen Behandlung, bei der sich die depressiven Symptome deutlich verbessert hatten, konnte auch eine Verbesserung der Wahrnehmungsschwelle festgestellt werden. Verschiedene andere Studien kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen. So fanden Serby, Larson und Kalkstein (1990; 1992) eine leicht erhöhte Wahrnehmungsschwelle bei Patienten mit Depression. Swiecicki et al. (2009), Thomas, Fries und Diestel (2002) sowie Gross-Isseroff et al. (1994) fanden keine Unterschiede in der Wahrnehmungsschwelle zwischen depressiven Patienten und einer gesunden Kontrollgruppe.

Pause (2004) weist darauf hin, dass die unterschiedlichen Ergebnisse möglicherweise darauf zurückzuführen sind, dass verschiedene Gerüche für die Messung der Wahrnehmungsschwelle herangezogen wurden. Bei den Untersuchungen von Pause et al. (2001) und Serby et al. (1990; 1992) wurden ausschließlich Gerüche eingesetzt, die nur über den I. Hirnnerv (N. olfactorius) verarbeitet werden. Bei den Untersuchungen von Swiecicki et al. (2009), Thomas et al. (2002) und Gross-Isseroff et al. (1994) wurden Substanzen eingesetzt, die zusätzlich über den V. Hirnnerv (N. trigeminus) verarbeitet werden.

Negoias et al. (2010) stellten in ihrer Untersuchung zur Riechfähigkeit bei Patienten mit Major Depression fest, dass diese über ein geringeres Volumen des Riechkolbens verfügen. Außerdem zeigte sich, dass dieses verminderte Riechkolbenvolumen mit der Ausprägung der Depression in Verbindung gebracht werden kann. Je geringer dieses Volumen war, desto höher waren die Werte in den Depressionsskalen. Die Autoren gehen davon aus, dass das verringerte Volumen dieser Region mit einer verminderten Neurogenese im Riechkolben zusammenhängt.

Ein bekanntes Depressionsmodell, das Bulbektomie-Modell, stammt aus Tierversuchen mit Ratten (Pause, 2004). Eine Ratte, deren Riechkolben entfernt worden war, zeigte ähnliche Verhaltensauffälligkeiten, die auch bei Patienten mit Major Depression zu beobachten waren. Diese Veränderungen im Verhalten werden aber nicht auf den Verlust des Geruchssinns zurückgeführt, sondern auf Veränderungen in neuronalen Strukturen wie z.B. dem limbischen System, da der Riechkolben seinerseits auch auf diese Strukturen einwirkt. Für Pause (2004, S. 140) liegt anhand verschiedener Studien zum Bulbektomie-Modell der Schluss nahe, „dass funktionale Abweichungen im [sic] primären olfaktorischen Kortex-Gebieten erhebliche Konsequenzen nach sich ziehen, die sich über eine depressionsspezifische Symptomatik besser beschreiben lassen.“ Pause (2004) hebt daher auch die Wichtigkeit der Untersuchung der Riechfähigkeit und der Geruchswahrnehmung bei depressiven Patienten hervor.

### **1.8.2 Schizophrenie**

Turetsky, Moberg, Arnold, Doty und Gur (2003) konnten in ihrer Untersuchung feststellen, dass gesunde Verwandte ersten Grades von Patienten mit Schizophrenie im Gegensatz zu gleichaltrigen Kontrollpersonen ein geringeres Volumen des Riechkolbens aufweisen. Trotz dieser physiologischen Veränderung zeigte sich aber keine Veränderung der Riechfähigkeit. Auch Kopala, Good, Bassett, Alda und Honer (2001) beschäftigten sich in ihrer Studie mit Angehörigen von Schizophreniepatienten. Es stellte sich heraus, dass gesunde Angehörige von psychotischen Patienten zwar bessere Leistungen im Geruchsidentifikationstest erzielten als die Patienten selbst, sie aber immer noch niedrigere Werte erzielten als eine gesunde Kontrollgruppe.

Malespina und Coleman (2003) untersuchten Patienten mit psychotischen Symptomen. Dabei zeigte sich, dass Patienten mit Schizophrenie eine deutlich schlechtere Leistung in der Geruchsidentifikation zeigten. Die Autoren konnten auch zeigen, dass die Defizite in der Identifikationsleistung vor allem mit Negativsymptomen<sup>6</sup> zusammenhängen.

---

<sup>6</sup> Unter Negativsymptomen versteht man Spracharmut, flachen Affekt, Störungen des Willens und sozialen Rückzug. (vgl. Comer, 2008 S 384f).

Crespo-Facorro et al. (2001) führten eine Positronenemissionstomographie (PET)<sup>7</sup> an Patienten mit Schizophrenie durch. Dazu wurden angenehme und unangenehme Gerüchen vorgegeben. Die Ergebnisse zeigten, dass bei der Bewertung unangenehmer Gerüche zwischen den Patienten mit Schizophrenie und der gesunden Kontrollgruppe kein Unterschied bestand. Allerdings wurde in Arealen des limbischen Systems, die typischerweise bei unangenehmen Wahrnehmungen aktiviert sind, bei Patienten mit Schizophrenie keine Aktivierung gefunden. Bei angenehmen Gerüchen zeigte sich eine unterschiedliche Bewertung. Die Patienten hatten im Gegensatz zur Kontrollgruppe Schwierigkeiten, positive Emotionen mit den angenehmen Gerüchen zu verbinden. In der Bewertung der Intensität wurde kein Unterschied zwischen den Schizophrenie-Patienten und der gesunden Kontrollgruppe gefunden.

### **1.8.3 Neurodegenerative und neurologische Erkrankungen**

In einer deutlichen Mehrheit der Untersuchungen zeigt sich eine Einschränkung des Geruchssinns im höheren Lebensalter (z.B. Hummel et al., 2007; Steinbach et al., 2008). Bei detaillierter Betrachtung dieser Ergebnisse konnte festgestellt werden, dass diese Reduktion der Riechfähigkeit bei Personen, die eine Demenz oder eine andere kognitive Beeinträchtigung entwickeln, öfter und in größerem Ausmaß zu finden war. Karpa et al. (2010) konnten in ihrer Untersuchung zeigen, dass Männer häufiger davon betroffen waren als Frauen. Mit steigendem Alter stieg generell die Wahrscheinlichkeit einer Beeinträchtigung des Geruchssinns. Außerdem war das Vorhandensein einer Parkinsonerkrankung oder einer anderen kognitiven Beeinträchtigung ein weiterer Risikofaktor für die Reduktion der Riechfähigkeit.

Die Beeinträchtigung des Geruchssinns bei Parkinsonerkrankung ist ein sehr typisches Symptom. Meistens tritt es schon in sehr frühen Krankheitsphasen, noch vor ersten motorischen Symptomen, auf. Trotzdem wurde es lange Zeit nicht berücksichtigt. Verminderte Riechfähigkeit wird oft mit Lewy Körpern<sup>8</sup> im

---

<sup>7</sup> PET ist ein bildgebendes Verfahren, bei dem radioaktive Isotopen injiziert werden. Wenn sich diese Isotopen im Gehirn anreichern, können physiologische oder biochemische Vorgänge im Gehirn dargestellt werden (vgl. Schandry, 2002).

<sup>8</sup> Lewy-Körper sind Proteinzusammenschlüsse, die sich im Zellplasma sowie in den Dendriten und Axonen ablagern. Durch diese Proteinablagerungen wird die Arbeitsweise der Nervenzelle beeinträchtigt, was bis hin zur Neurodegeneration führt (vgl. Oertel & Hartmann, 1999)

Riechkolben in Verbindung gebracht. Bohnen, Gedela, Herath, Constantine und Moore (2008) stellten in ihrer Untersuchung fest, dass es einen Zusammenhang zwischen der Leistung in der Geruchsidentifikation und dem Dopaminaufnahmepotential im Hippokampus besteht. Auch Wong, Muller, Kuwbara, Studenski und Bohnen (2010) gehen in ihrer Untersuchung von einem Zusammenhang der verminderten olfaktorischen Sensitivität mit dopaminergen Projektionen aus. Die Untersuchung dieser Autoren zeigte, dass eine Reduktion der Projektionsneuronen von der Substantia nigra zum Striatum, zwei Hirnregionen, die mit der Parkinsonerkrankung in Zusammenhang gebracht werden, mit der Beeinträchtigung des olfaktorischen Systems korrelieren. Dieser Abbau von Projektionen findet sich auch bei gesunden älteren Menschen, die ebenfalls über eine reduzierte Geruchswahrnehmung berichten.

Auch Alzheimer Demenz wird mit beeinträchtigter Geruchswahrnehmung in Zusammenhang gebracht. Wang et al. (2010) untersuchten aus diesem Grund die Aktivität in mit olfaktorischer Wahrnehmung assoziierten Kortexarealen mittels fMRI. Diese Untersuchung ergab, dass Patienten mit Alzheimer Demenz erst bei wesentlich höherer Konzentration des präsentierten Duftstoffs kortikale Aktivierungen zeigten. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass es bei einer Demenz vom Typ Alzheimer zu einer verminderten Riechfähigkeit kommt.

Razani, Chan, Nordin und Murphy (2010) konzentrierten sich in ihrer Untersuchung zur verschlechterten Geruchsidentifikationsleistung bei Patienten mit Alzheimer Demenz auf eine Dysfunktion der semantischen Netzwerke. Die Untersuchungsergebnisse zeigten, dass Personen mit Alzheimer Demenz große Schwierigkeiten mit der Klassifikation von Gerüchen haben. Das lässt darauf schließen, dass diese Personen Probleme mit der semantischen Organisation aufweisen. Die Autoren gehen aufgrund dieser Ergebnisse davon aus, dass es zum Zusammenbruch semantischer Netzwerke kommt. Es konnte kein Zusammenhang zwischen Gerüchen und entsprechenden Benennungen mehr hergestellt werden. Daher können Gerüche nicht mehr richtig klassifiziert und in weiterer Folge auch nicht mehr richtig benannt werden.

Diese Beeinträchtigung zeigte sich modalitätsspezifisch, da diese Auffälligkeit bei der Benennung von Farben nicht zu finden war.

Auch bei Multipler Sklerose (MS), einer chronisch-entzündlichen neurologischen Erkrankung, wird die Beeinträchtigung des Geruchssinns als typisches und sehr frühes Symptom genannt. Um die Beeinträchtigung des Geruchssinns näher zu beleuchten haben Zivadinov, Zorzon, Monti Bragadin, Pagliaro und Cazzato (1999) die Geruchsidentifikationsfähigkeit von Patienten mit MS mit der einer gesunden Kontrollgruppe verglichen. Dabei zeigte sich eine signifikant schlechtere Identifikationsleistung der MS Patienten. Die Untersuchung ergab weiters eine signifikante Korrelation der Geruchsidentifikationsleistung mit dem Ausmaß der neurologischen Symptome und eventuell vorhandener Affektiver Störungen und Angststörungen. Obwohl Beeinträchtigungen des Geruchssinns bei den meisten Patienten mit Multipler Sklerose vorkommen, berichten nur etwa fünf Prozent der Teilnehmer von einer verminderten Geruchswahrnehmung.

#### **1.8.4 Autismus**

Bei Kindern und Erwachsenen mit Autismus werden oft sensorische Wahrnehmungsschwierigkeiten beobachtet und beschrieben. Um diese Berichte näher zu beleuchten, verglichen Suzuki, Critchley, Row, Howlin und Murphy (2003) 12 Männer mit Asperger Syndrom mit einer entsprechenden Kontrollgruppe. In dieser Studie wurden die Wahrnehmungsschwelle und die Geruchsidentifikationsfähigkeit untersucht. Es stellte sich heraus, dass es keine Unterschiede in der Wahrnehmungsschwelle gibt. Allerdings war die Fehlerhäufigkeit beim Identifikationstest bei Männern mit Asperger Syndrom signifikant höher.

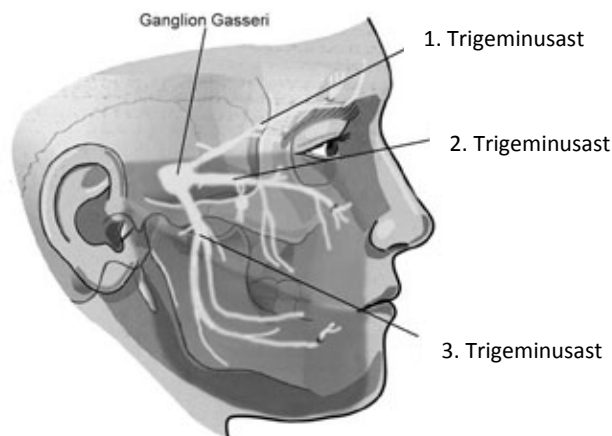
In einer weiteren Studie zur Geruchswahrnehmung bei Autismus (Benetto, Kushner & Hyman, 2007) wurden Kinder und Jugendliche untersucht. Auch in dieser Untersuchung konnte eine signifikant schlechtere Geruchsidentifikationsleistung bei den Kindern und Jugendlichen mit Autismus gefunden werden. Worauf diese Defizite in der Geruchserkennung genau zurückzuführen sind, konnte bisher noch nicht genau geklärt werden. Benetto et al. (2007) ziehen allerdings eine beeinträchtigte Verarbeitung im orbitofrontalen Kortex,

einem sekundären olfaktorischen Areal, in Betracht. Im Gegensatz dazu gehen Suzuki et al. (2003) eher von einer generellen Dysfunktion der assoziativen Mechanismen aus.

## 1.9 Allgemeiner chemischer Sinn

Geruchsreize werden nicht nur über das olfaktorische System verarbeitet. Einen wesentlichen Beitrag leistet auch der Nervus trigeminus (V. Hirnnerv), der als allgemeiner chemischer Sinn bezeichnet wird. Dieser Nerv teilt sich in drei Hauptäste auf (siehe Abb. 4):

- N. ophthalmicus (oberer Gesichtsbereich und Augen)
- N. maxillaris (Oberkieferast, Nasenbereich)
- N. mandibularis (Unterkieferast, Mundbereich)



**Abb. 4:** Grafik der Hauptäste des N. trigeminus (Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Klinik und Poliklinik für Neurologie, 2006)

So innerviert der N. trigeminus große Teile des Gesichtsbereichs. Die Rezeptoren des allgemeinen chemischen Sinns sind freie Nervenenden des N. trigeminus, sie befinden sich in Mund- und Nasenschleimhaut oder in den Augen. Die Aktivierungsschwelle dieses Systems liegt generell höher als die des olfaktorischen Trakts (Schandry, 2002). Da fast alle Duftstoffe auch das trigeminale System ansprechen (allerdings erst bei höherer Konzentration), trägt der allgemeine chemische Sinn zur Geruchsempfindung bei. Typische Empfindungsqualitäten dieses Systems sind warm, brennend, stechend oder

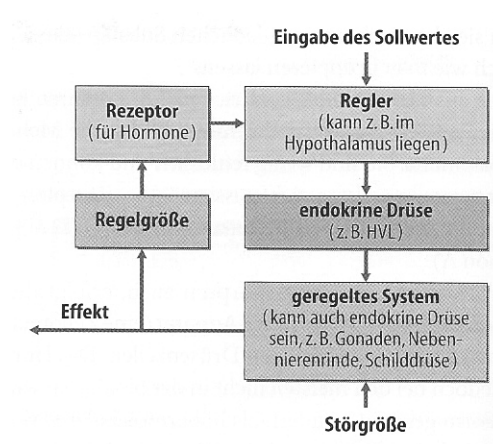
prickelnd. Die Hauptaufgabe des allgemeinen chemischen Sinns ist es, den Organismus vor schädlichen Umwelteinflüssen zu schützen. Solche Schutzreaktionen sind typischerweise Speichel-, Nasenschleim- oder Tränensekretion bis hin zu extremen Mechanismen wie Hustenreiz oder sogar Atemstillstand.

Durch das trigeminale System kann auch bei einer Beeinträchtigung des olfaktorischen Systems, sogar bei Anosmien, ein eingeschränktes Riechvermögen bestehen bleiben. Allerdings zeigen sich hier unterschiedliche Forschungsergebnisse. Cometto-Muniz und Cain (1998) fanden in ihrer Untersuchung keinen Unterschied zwischen anosmischen Personen und der gesunden Vergleichsgruppe in der Sensitivität gegenüber trigeminalen Reizen. In einer anderen Untersuchung (Kendall-Reed, Walker, Morgan, Lamacchio & Lutz, 1998) stellte sich allerdings heraus, dass Patienten mit Anosmie auch über eine abgeschwächte Wahrnehmungsschwelle für trigeminale Reize verfügten. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Frasnelli, Schuster und Hummel (2006). Die Autoren konnten in ihrer Untersuchung zeigen, dass es einen engen Zusammenhang zwischen dem Geruchssinn und dem trigeminalen System gibt. Bei Patienten mit einer erworbenen Anosmie war auch die trigeminale Wahrnehmung eingeschränkt. Eine Verbesserung der Anosmie wirkte sich auch positiv auf die trigeminale Wahrnehmung aus.

Auch beim allgemeinen chemischen Sinn zeigten sich Alters- und Geschlechtsunterschiede. Wysocki, Cowart und Radil (2003) berichten von einer Abnahme der trigeminalen Wahrnehmung mit höherem Alter. Zusätzlich zeigte sich, dass Frauen stärkere Reaktionen auf trigeminale Reize zeigen als Männer. Dazu wird auch auf eine Untersuchung von Shusterman und Balmes (1997, zitiert nach Wysocki et al. 2003) verwiesen, die zeigte, dass die Wahrnehmungsschwelle für Kohlendioxid bei Frauen niedriger ist als bei Männern. Die Autoren weisen darauf hin, dass dies eine mögliche Erklärung für inkonsistente Ergebnisse früherer Geruchsstudien sein könnte.

## 2 Das endokrine System

Alle Organe bzw. Zellsysteme, die ihre Aufgabe in der Produktion von Botenstoffen haben und diese Stoffe dann entweder in weiter entfernt gelegene Zielorgane bzw. -zellen oder auch in benachbarte Zellen senden, werden unter dem Begriff des *endokrinen Systems* zusammengefasst. Dieses System ist ein sehr bedeutendes Regulations- und Kommunikationssystem des Körpers. Faller und Schünke (2008, S. 351) definieren die Botenstoffe dieses Systems, die so genannten Hormone, als „chemische Botenstoffe unterschiedlicher Stoffgruppen (z.B. Proteine, Peptide, Steroide), die meist in sehr geringen Mengen auf Stoffwechselvorgänge ihrer Zielzellen wirken.“ Neben körperlichen Funktionen können durch Hormone auch psychische Funktionen beeinflusst werden, wie z.B. Stimmung, Aufmerksamkeit oder Aktivierungsniveau. Die genauen Mechanismen dieser Beeinflussung sind bisher noch zum größten Teil unbekannt. (Schandry, 2002).



**Abb. 5:** Schematische Darstellung eines Regelkreises (Birbaumer & Schmidt 2006, S. 122)

Das endokrine System funktioniert nach dem Prinzip der *Homöostase*. Das bedeutet, dass sich die einzelnen Systeme des Körpers stets in einem sehr fein regulierten und ausbalancierten Zustand befinden sollen, um allen Systemen des Körpers optimale Arbeitsbedingungen zu ermöglichen. Um diese Aufgabe der Ausbalancierung zu erfüllen, benötigt das endokrine System eine große Anzahl an geschlossenen Regelkreisen mit sehr vielen Rückkopplungsschleifen (siehe Abb. 5). Nur so können Soll- und Ist-Werte ständig verglichen und gegebenenfalls an unterschiedlichen Stellen Anpassungen vor-



genommen werden. Soll-Werte können auch durch Lernprozesse beeinflusst werden. Dadurch kann der Körper in der Aufrechterhalten der optimalen Balance aktiv unterstützt werden. Bedeutende Produktionsstätten von Hormonen sind unter anderem:

- Hypothalamus
- Hypophyse
- Nebennierenrinde
- Sexualdrüsen

Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich hauptsächlich mit den Hormonen der weiblichen Sexualdrüsen, den Östrogenen (v.a. Östradiol) und den Gestagenen (v.a. Progesteron).

## 2.1 Menstruationszyklus

Hormone können physische Vorgänge nicht nur kurzfristig steuern. Manche Mechanismen unterliegen zyklischen Veränderungen, wie z.B. der weibliche Menstruationszyklus. In einem Rhythmus von ca. 28 Tagen erfolgt eine genaue Abfolge von Hormonausschüttungen, wobei die Zykluslänge auch intraindividuell um einige Tage variieren kann. Bei einer Abweichung von mehr als zwei bis drei Tagen geht man davon aus, dass es sich um einen anovulatorischen Zyklus handelt (Schandry, 2002).

Generell wird der Beginn eines Zyklus mit dem Einsetzen der Monatsblutung definiert. Der Menstruationszyklus kann in drei Phasen eingeteilt werden (Schandry, 2002, S. 359):

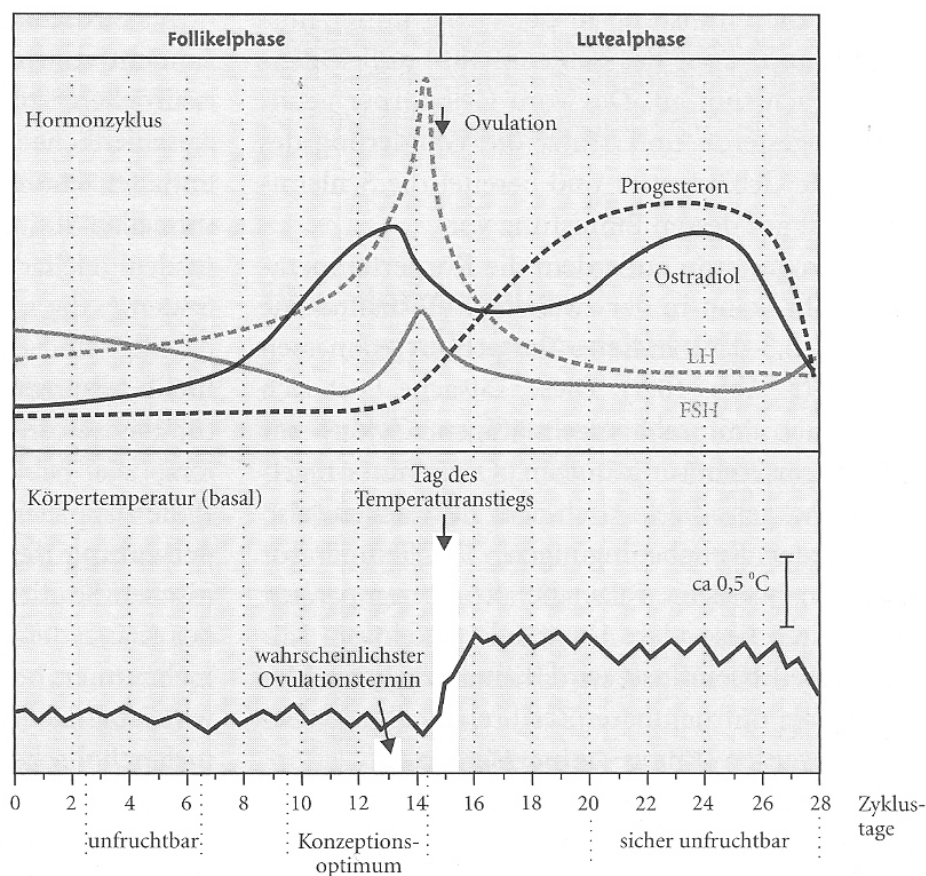
- Follikulärphase (1. bis 12. Tag)
- Ovulationsphase (13.-15. Tag)
- Lutealphase (16.-28. Tag)

Am Beginn des Zyklus startet die Follikelbildung. Dabei beginnt bei mehreren Eizellen in den Eierstöcken ein Reifungsprozess, der durch das Follikelstimulierende Hormon (FSH), welches vom Hypophysenvorderlappen ausgeschüttet wird, gefördert wird. Dabei bildet sich um die Eizelle eine Follikelschicht. Der Follikel produziert während seiner Reifephase das Östrogen

Östradiol, das zum Wachstum des Follikels entscheidend beiträgt. Am Ende dieser Phase steigt der Östradiolspiegel stark an (siehe Abb. 6).

Etwa am 13. Zyklustag erreicht der Östradiolspiegel seinen Höhepunkt. Die Östrogene fördern die Freisetzung des FSH und des Luteinisierenden Hormons (LH). Der Anstieg des LH bewirkt eine Freisetzung der reifen Eizelle, mit dem Eisprung (Ovulation). Der Follikel wandelt sich ab diesem Zeitpunkt zum Gelbkörper um. Man spricht hier von Luteinisierung.

In der letzten Zyklusphase wird vom Gelbkörper weiterhin Östradiol und zusätzlich das Hormon Progesteron produziert. Dadurch wird der Aufbau der Gebärmutterschleimhaut gefördert und für eine Einnistung einer befruchteten Eizelle vorbereitet. Wenn keine Befruchtung erfolgt ist, beendet der Gelbkörper am Ende des Zyklus die Hormonproduktion. Das führt zu einem Abstoßen der Gebärmutterschleimhaut, womit die Menstruationsblutung einsetzt und ein neuer Zyklus beginnt.



**Abb. 6:** Darstellung der hormonellen Schwankungen im Zyklusverlauf (Schandry, 2002, S. 359)

## 2.2 Orale Kontrazeptiva

Seit den 1960er Jahren, als die ersten hormonellen Verhütungsmittel entwickelt wurden, befindet sich die hormonelle Empfängnisverhütung auf dem Vormarsch. Die häufigste Anwendungsform hormoneller Verhütungsmittel sind orale Kontrazeptiva, die so genannte *Pille*. Hormonelle Verhütungsmittel greifen in den in Kapitel 2.1 beschriebenen regelmäßigen Ablauf des Menstruationszyklus ein, indem die Konzentration bestimmter Hormone durch Zuführung von außen verändert wird. Mittlerweile ist eine sehr große Menge an unterschiedlichen Präparaten mit verschiedenen Wirkweisen und Dosierungen am Markt erhältlich. Diese werden typischerweise nach ihren Wirkmechanismen und dem Einnahmeschema in folgende Kategorien eingeteilt (Schandry, 2002):

- Klassische Kombinationspräparate
- Mehrphasenpräparate
- Minipille
- Pille danach

### 2.2.1 Klassische Kombinationspille

Die klassischen Kombinationspräparate bestehen aus einer Zusammensetzung von zwei künstlich hergestellten Stoffen, die im Körper ähnlich wirken wie Östrogene und Gestagene. 21 Tage lang wird täglich eine Tablette eingenommen, anschließend folgen sieben Tage ohne Einnahme, in der eine so genannte Abbruchblutung einsetzt. Da jede Tablette dieselbe Dosierung enthält, spricht man hier auch von Einphasenpräparaten. Der Vorteil dieser klassischen Kombinationspille ist, dass die Konzeption über drei Wirkmechanismen verhindert wird. Zum Einen erfolgt während der Einnahme kein Eisprung. Außerdem wird der Aufbau der Gebärmutter Schleimhaut verhindert, wodurch die Einnistung einer befruchteten Eizelle nicht möglich ist. Zusätzlich wird noch das Sekret am Muttermund verdickt. Dadurch können Spermien kaum in die Gebärmutter vordringen. Durch diese dreifache empfängnisverhütende Wirkung gelten Einphasenpräparate als relativ sicher. Gemäß dem Pearl-Index, der das Restrisiko einer ungewollten Schwangerschaft pro 100 Frauenjahre angibt, gelten Einphasenpräparate mitunter als die sicherste Verhü-

tungsmethode mit einem Wert zwischen 0,1 und 0,9 (Schandry, 2002). Das angegebene Restrisiko gilt natürlich nur bei korrekter Anwendung. Wobei bei Kombinationspräparaten generell ein Zeitfenster von 12 Stunden zur Einnahme besteht.

### **2.2.2 Mehrphasenpräparate**

Durch Mehrphasenpräparate wird versucht, auf die zyklische Veränderung der Hormonkonzentrationen einzugehen. Daher muss hier darauf geachtet werden, dass die einzelnen Tabletten am richtigen Tag eingenommen werden. Bei Zweiphasenpräparaten wird zu Beginn des Zyklus nur Östrogen verabreicht. In der zweiten Hälfte folgt eine kombinierte Gabe von Östrogen und Gestagen. Auch hier folgt auf die Einnahmephase von 21 Tagen eine sieben-tägige Pause, in der es aufgrund des Abfalls des Hormonspiegels zu einer Abbruchblutung kommt. Dreiphasenpräparate sollen die realen Abläufe des Zyklus noch genauer nachahmen. Dabei werden jeweils niedrige Östrogendosen mit wöchentlichem ansteigenden Gestagengaben kombiniert (vgl. Schandry, 2002). Dadurch soll der natürliche Zyklus genauer nachgeahmt werden. Auch diese Präparate gelten bei korrekter Einnahme als relativ sicher, mit einem Pearl-Index von 0,3 – 0,9. Auch hier besteht typischerweise ein Zeitraum von 12 Stunden, in dem das Präparat eingenommen werden kann.

### **2.2.3 Neuere Entwicklungen: Minipille vs. Mikropille**

Im Gegensatz zur herkömmlichen Pille greift die Minipille weniger in den weiblichen Hormonhaushalt ein. Es wird hier nur Gestagen in sehr niedriger Dosierung verabreicht. Aus diesem Grund wird bei diesen Präparaten der Eisprung nicht verhindert. Die Wirkweise besteht hier vorwiegend in der Verdickung des Sekrets am Muttermund, wodurch Spermien diesen kaum passieren können. Zusätzlich wird der Aufbau der Gebärmutter Schleimhaut beeinträchtigt, was ein Einnisten einer befruchteten Eizelle erschwert. Der Nachteil der Minipille ist allerdings, dass sie stets auf die Stunde genau eingenommen werden muss, um optimalen Empfängnisschutz zu gewährleisten. Selbst bei korrekter Anwendung erzielt die Minipille allerdings nicht dieselbe Sicherheit wie Kombinationspräparate. Mit einem Pearl-Index von 0,4 – 2,5

(Schandry, 2002), ist die Schwankungsbreite relativ groß. Da das Einnahmeschema sehr genau eingehalten werden muss, liegt der Wert in der Praxis eher am oberen Ende. (Berufsverband der Frauenärzte e.V. Frauenärzte im Netz, 2011a)

Eine Weiterentwicklung der klassischen Kombinationspräparate ist die Mikropille. Als solche werden typischerweise Produkte verstanden, deren Östrogengehalt unter 50 Mikrogramm liegt, meistens enthalten sie 35 Mikrogramm synthetisches Östradiol oder weniger (Szarewski, Mansour & Shulman, 2010). Die Höhe der Östrogendosierung und die Wahl des Gestagens entscheiden maßgeblich über die Verträglichkeit und die Zusatzwirkung des Produkts (z.B. Wirkung gegen Hautunreinheiten oder bei starken Beschwerden während der Blutung).

Die heutzutage verschriebenen Kombinationspräparate sind fast ausschließlich Mikropillen, vorwiegend Einphasenpräparate, da diese in der Handhabung am einfachsten sind. Bei verminderter Verträglichkeit wird entweder auf Mehrphasenpräparate oder Minipillen ausgewichen. Die Minipille ist vor allem für Frauen geeignet, die stillen, da das verabreichte Gestagen nur in sehr geringen Mengen in die Muttermilch übergeht (Berufsverband der Frauenärzte e.V. Frauenärzte im Netz, 2011a).

#### **2.2.4 Pille danach**

Bei der so genannten Pille danach soll im Nachhinein das Einnisten einer befruchteten Eizelle verhindert werden. Dies geschieht durch sehr hoch dosierte Östrogengaben (vgl. Schandry, 2002). Eine andere Wirkungsform ist eine hohe Gestagenzuführung (Berufsverband der Frauenärzte e.V. Frauenärzte im Netz, 2011b), die den Eisprung verhindern bzw. verschieben soll, so dass es zu keiner Befruchtung der Eizelle kommen kann. Durch die plötzliche Veränderung des Hormonspiegels kommt es zu einer Abbruchblutung. Da die Hormone hier so hoch dosiert werden, sind die möglichen Nebenwirkungen häufiger und typischerweise auch stärker als bei den niedrigdosierten Präparaten, die regelmäßig eingenommen werden.

### 2.2.5 Mögliche Nebenwirkungen und Risiken

Generell wird eine gute Verträglichkeit der Mikropillenpräparate angegeben. Da es sich aber um einen Eingriff in den Hormonhaushalt des Körpers handelt, sind Nebenwirkungen nicht auszuschließen. Diese können sich in vielfältiger Weise zeigen. Typische Nebenwirkungen sind u.a. Gewichtszunahme, Übelkeit, Müdigkeit, Nervosität oder depressive Verstimmungen (vgl. Schandry, 2002). Da es zahlreiche Produkte mit den unterschiedlichsten Zusammensetzungen, sowohl in der Dosierung als auch in der Art der Substanzen, gibt, wird in den meisten Fällen ein Präparat gefunden, das keine Nebenwirkungen bei der betreffenden Person verursacht.

Das Krebsrisiko beim Langzeiteinsatz hormoneller Verhütungsmittel wird kontrovers diskutiert. Studien (z.B. Grimbizis & Tarlatzis, 2010) konnten zeigen, dass durch die Verwendung hormoneller Verhütungsmittel das Risiko an Gebärmutter- oder Eierstockkrebs zu erkranken, sinkt. Dieses Risiko sinkt umso mehr, je länger diese eingesetzt werden. Pro fünf Verwendungsjahre sinkt das Erkrankungsrisiko für ein Eierstockkarzinom um etwa 20 Prozent, für Gebärmutterkarzinome sinkt es noch deutlicher.

Die Datenlage in Bezug auf das Brustkrebsrisiko ist uneindeutig (Haider & D'Souza, 2009). Ältere Untersuchungen geben ein um etwa 24 Prozent erhöhtes Brustkrebsrisiko an. Neuere Untersuchungen gehen von keinem signifikanten Effekt oraler Kontrazeptiva der jüngsten Generation auf das Brustkrebsrisiko aus. Derzeit geht man davon aus, dass wenn es ein erhöhtes Brustkrebsrisiko gibt, dieses mit der Dauer der Einnahme nicht weiter steigt. Außerdem sinkt es etwa zehn Jahre nach Beendigung der Einnahme wieder auf das altersübliche Erkrankungsrisiko.

Östrogene beeinflussen auch die Blutgerinnung. Daher besteht bei hormoneller Empfängnisverhütung ein erhöhtes Thromboserisiko<sup>9</sup>. Das Thromboserisiko bei der Verwendung oraler Kontrazeptiva steigt etwa um das fünffache (Haider & D'Souza, 2009). Wobei hier zu erwähnen ist, dass das Thrombose-

---

<sup>9</sup> Bei einer Thrombose bildet sich aufgrund zu langsamem Blutfluss ein Blutgerinnsel in einem Blutgefäß. Dadurch wird eine ausreichende Durchblutung des entsprechenden Blutgefäßes verhindert. Außerdem besteht die Gefahr, dass sich dieses Blutgerinnsel in die Lunge gerät und so eine Embolie auslöst (vgl. Faller & Schünke, 2004).

risiko mit etwa fünf Fällen pro 100.000 Frauenjahren generell sehr gering ist. Trotzdem ist dieses erhöhte Risiko vor allem in Situationen zu berücksichtigen, die selbst als thrombosefördernd gelten, wie z.B. Langstreckenflüge oder operative Eingriffe, nach denen eine eingeschränkte Beweglichkeit zu erwarten ist. Auch Rauchen kann die Thrombosebildung fördern, daher sollten orale Kontrazeptiva für Raucherinnen nicht unbedingt die Methode der Wahl zur Empfängnisverhütung sein.

Hormonelle Verhütungsmittel zeigen auch Auswirkungen auf die Verarbeitung von psychosozialen Stress. Kajantie und Phillips (2006) berichten in ihrem Review, dass es keine Unterschiede im Wert des Adrenocorticotropen Hormons (ACTH) und dem Cortisollevel im Blut zwischen Frauen mit und ohne hormonellem Verhütungsmittel gibt. Der Cortisolwert im Speichel war vergleichbar mit Frauen in der Follikulärphase, also etwas niedriger als in der Lutealphase. Die Autoren berichten von einer Untersuchung zum autonomen Nervensystem, die zeigte, dass die Einnahme von oralen Kontrazeptiva Pulsfrequenz und Blutdruck bei einer induzierten Stressreaktion weniger stark ansteigen ließ. Generell ist allerdings darauf hinzuweisen, dass es bisher kaum Untersuchungen zum Einfluss hormoneller Verhütungsmittel gibt.

### **2.2.6 Protektive Faktoren von Östrogen**

Neben den oben genannten Risiken wird auch oft von protektiven Faktoren von Östrogen gesprochen. Diese kann man grob in menstruationsbezogene und andere Vorteile unterteilen. Als menstruationsbezogene Vorteile werden z.B. ein regelmäßiger Zyklus, geringerer Blutverlust oder schwächere Bauchkrämpfe angegeben (vgl. Szarewski et al., 2010).

Die Häufigkeit kardiovaskulärer Erkrankungen ist bei Frauen deutlich niedriger als bei Männern. Es ist bekannt, dass diese bei Frauen vor den Wechseljahren kaum auftreten. Danach ist ein deutlicher Anstieg in der Inzidenzrate zu erkennen. Sie sinkt hingegen bei Frauen, die eine Hormonersatztherapie durchführen (Behl, 2001). Daher liegt der Schluss nahe, dass Östrogen kardiovaskulären Erkrankungen entgegenwirkt. Eine weitere typische Erkrankung mit steigendem Alter ist der Verlust an Knochendichte (Osteoporose). Diese Auffälligkeit zeigt sich zwar bei Männern und Frauen, allerdings ist das

Auftreten von Osteoporose bei Frauen wesentlich häufiger als bei Männern. Ein starker Abfall der Knochendichte erfolgt in den ersten fünf bis zehn Jahren nach dem Ausbleiben der Menstruation. Auch hier zeigte sich in Studien mit Teilnehmerinnen, die sich einer Hormonersatztherapie unterzogen, dass sich die künstliche Östrogengabe positiv auf die Knochendichte auswirkte (Behl, 2001).

Oft wird auch die neuroprotektive Funktion von Östrogen diskutiert. Durch Östrogen wird das Risiko, an Alzheimerdemenz zu erkranken, deutlich verringert (z.B. Henderson, 2005; Sherwin, 2003). Eine klinische Untersuchung von Xu, Wang, Zhang und Zhang (2006) zeigte, dass die Bildung von  $\beta$ -Amyloid-Plaques, die als Auslöser für die Neurodegeneration bei Alzheimererkrankung gelten, durch die Gabe von Östrogen im Rahmen einer Hormonersatztherapie bei Frauen in den Wechseljahren gehemmt wird.

Österlund und Hurd (2001) haben die Wirkung von Östrogen in Verbindung mit neuropsychiatrischen Erkrankungen untersucht. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Affektiven Störungen ist bei Frauen deutlich höher als bei Männern. Woher dieser Geschlechtsunterschied kommt ist bisher noch nicht genau geklärt. Untersuchungen zu postpartaler Depression, prämenstruellem Syndrom (PMS)<sup>10</sup> oder Depressionen als Komorbidität im Rahmen der Wechseljahre haben gezeigt, dass eine Hormonersatztherapie mit Östrogen die Beschwerden deutlich verringert.

Auch die Rolle von Östrogen bei Schizophrenieerkrankungen wird diskutiert. Bei Männern liegt das Durchschnittsalter beim ersten Auftreten der Erkrankung bei etwa 20 Jahren. Bei Frauen liegt dieses etwas darüber. Zusätzlich zeigt sich bei Frauen der Krankheitsbeginn oft erst zwischen dem 45. und dem 55. Lebensjahr, dem Zeitraum, in dem der Östrogenspiegel sinkt. Dieser zweite Zeitpunkt unterstützt die Hypothese, dass Östrogen als protektiver Faktor gegen Schizophrenie wirkt (Huber, 2003). Warum Östrogen als protektiver Faktor gegen Schizophrenie wirkt, ist bislang aber noch nicht bekannt.

---

<sup>10</sup> vgl. Kapitel 2.4



## 2.3 Hormone und kognitive Fähigkeiten

Da Hormone das menschliche Verhalten deutlich beeinflussen können, stellt sich natürlich die Frage, ob es auch Veränderungen der kognitiven Fähigkeiten durch hormonelle Schwankungen gibt. Um diese Fragestellung zu untersuchen, wurden einerseits Studien zu Geschlechtsunterschieden in einzelnen Bereichen der kognitiven Fähigkeiten durchgeführt. Zusätzlich wurden Studien mit Frauen in unterschiedlichen Zyklusphasen gemacht Um die Frage nach dem Einfluss der weiblichen Sexualhormone näher zu beleuchten.

### 2.3.1 Geschlechtsunterschiede bei kognitiven Fähigkeiten

Die kognitiven Fähigkeiten bei Männern und Frauen werden schon seit Jahrzehnten untersucht. Es konnte festgestellt werden, dass es im Gesamtwert der kognitiven Fähigkeiten (gemessen durch den IQ), keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern gibt. Es zeigte sich aber, dass einige Bereiche der kognitiven Fähigkeiten typischerweise eher männliche oder eher weibliche Stärken sind. Natürlich handelt es sich dabei nur um Tendenzen. Es gibt natürlich auch Frauen mit exzellenten räumlich-visuellen Fähigkeiten und Männer mit hervorragenden verbalen Fähigkeiten. Diese Übersicht über die Stärken der beiden Geschlechter gilt nur als generelle Tendenz (siehe Tabelle 3). Hampson (2002) weist zusätzlich noch darauf hin, dass die Geschlechtsunterschiede bei kognitiven Fähigkeiten sehr gering sind. Da es sich aber meist um systematische Verschiebungen handelt, erlangen sie statistische Signifikanz.

Männer besser	Frauen besser
Räumliche Aufgaben inclusive mentale Rotationen, Routen lernen und Visualisierungen von räumlichen Verhältnissen	Verbale Fähigkeiten, inklusive Flüssigkeit, Schnelligkeit des Spracherwerbs, Buchstabieren und Grammatik
Mathematisches Schlussfolgern und Problemlösen	Rechengenauigkeit und prozedurales Wissen von Arithmetik und Mathematik
Grobmotorische Fähigkeiten bei denen Kraft eine Rolle spielt	Feinmotorische Fähigkeiten und Fingerfertigkeit
	Kurzzeitgedächtnis inclusive Objekterkennung

**Tabelle 3:** Übersicht über die kognitiven Stärken der Geschlechter (Hampson, 2002, S. 580)

Räumlich-visuelle Fähigkeiten werden typischerweise als männliche Stärke gesehen. Obwohl man gewisse Unterschiede schon im Kindesalter bemerken kann, zeigen sich diese nach der Pubertät noch deutlicher (Hampson, 2002). Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass Geschlechtshormone einen Einfluss auf diese Entwicklung haben. Mit steigender Komplexität der Aufgaben wird der Unterschied zwischen Männern und Frauen in vielen Fällen größer (Hampson, 2002).

Frauen werden im Gegenzug eher verbale Fähigkeiten zugeschrieben. Das reicht von der Geschwindigkeit des Spracherwerbs, also der Erweiterung des Wortschatzes in der Kindheit, über buchstabieren und Grammatik bis hin zum Sprachverständnis. Sprachentwicklungsauffälligkeiten wie Dyslexie oder Stottern sind bei Mädchen weniger häufig zu finden (Hampson, 2002). Generell geht man davon aus, dass die Unterschiede in den sprachlichen Fähigkeiten geringer sind, als die bei räumlich visuellen Fähigkeiten. Wortschatztests, die die Größe des Wortschatzes bei Erwachsenen messen, zeigten keinerlei Geschlechtsunterschiede.

Frauen wird auch ein besseres Arbeitsgedächtnis zugesprochen (Hampson 2002). Bei Tests, in denen eine kurze Wortliste oder eine Kurzgeschichte wiedergegeben werden muss, schneiden Frauen typischerweise besser ab als Männer. Diese Ergebnisse konnten auch bei Tests mit Bildern gefunden werden. Dieses Ergebnis klingt auf den ersten Blick widersprüchlich, da sich gezeigt hat, dass Männer über bessere räumlich-visuelle Fähigkeiten verfügen. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die meisten Tests zum Kurzzeitgedächtnis eine verbale Kodierung erlauben, welche wieder als weibliche Stärke gilt. Außerdem hat sich gezeigt, dass Frauen bei Tests zur Wahrnehmungsgeschwindigkeit und -genauigkeit besser abschneiden als Männer. Dieser Unterschied konnte sowohl bei verbalem als auch bei bildhaftem Testmaterial gefunden werden.

Mittlerweile gibt es für die meisten Testverfahren zur Überprüfung der kognitiven Fähigkeiten aktuelle Standardisierungen, die für Männer und Frauen unterschiedliche Normwerte vorsehen, um mögliche Verzerrungen aufgrund unterschiedlicher Stärken und Schwächen zu vermeiden.

### 2.3.2 Unterschiede im Verlauf des Zyklus

Aufbauend auf den Forschungsergebnissen zu Geschlechtsunterschieden in speziellen Bereichen der kognitiven Fähigkeiten, wurden auch Unterschiede im Verlauf des Menstruationszyklus untersucht. Es bestand die Annahme, dass die Geschlechtsunterschiede auf der unterschiedlichen Konzentration der Hormone Östradiol und Progesteron bestehen. Genauso wie in Studien zu Geschlechtsunterschieden gibt es auch hier Studien mit uneinheitlichen Ergebnissen.

Bereits 1960 hat Dalton in einer Befragung von Frauen nach Unfällen festgestellt, dass der Zeitpunkt des Unfalls bei mehr als der Hälfte der Frauen zwischen vier Tagen vor und vier Tagen nach dem Einsetzen der Menstruation erfolgte. Die Autorin konnte zeigen, dass sich in dieser Zeit signifikant mehr Unfälle ereigneten, sowohl mit aktiver als auch mit passiver Beteiligung. Dalton (1960) begründete das Ergebnis mit einer erhöhten Müdigkeit in der prämenstruellen und menstruellen Phase, welche langsamere Reaktionsfähigkeiten und schlechtere Fähigkeiten zur Beurteilung von potentiellen Gefahrensituationen bedingen. Diese Hypothese wurde allerdings von Pierson und Lockhart (1963) widerlegt. Die Autoren konnten zeigen, dass es im Verlauf des Menstruationszyklus keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Reaktionszeit und die Bewegungszeit, also die Zeit, die zur Ausführung einer Bewegung benötigt wird, gibt.

Hampson (2002) beschreibt in ihrem Überblick, dass Frauen in Phasen mit niedrigerem Östrogenspiegel bessere Leistungen in Raumwahrnehmungstests erzielten. Im Gegensatz dazu konnten Epting und Overman (1998) keine Veränderungen im Verlauf des Zyklus bei mentalen Rotationsaufgaben feststellen. Wobei auch die Art des Tests Auswirkungen auf die gefundenen Zyklusunterschiede hat. Dreidimensionale Stimuli zeigen größere Effekte. Die Autoren gehen davon aus, dass diese aufgrund ihrer besseren Entsprechung der Realität größere Effekte zeigen. Hampson (2002) berichtete außerdem von verbesserten Leistungen in sprachlichen Bereichen während der Lutealphase. Wobei die Unterschiede generell geringer waren als bei den räumlich-visuellen Fähigkeiten. Auch in den Bereichen motorische Geschwindig-

keit und Koordination konnten während der Lutealphase bessere Leistungen erzielt werden (Hampson, 2002). Die Autorin geht davon aus, dass eher männliche Stärken bei Frauen in Phasen mit niedrigem Östrogenlevel verbessert sind, eher weibliche Stärken in Phasen mit erhöhtem Östrogenlevel.

Hatta und Nagaya (2009) untersuchten den Einfluss des Menstruationszyklus auf das Gedächtnis und die Leistung beim Stroop-Test (siehe S. 26). Die Studienergebnisse zeigten signifikant höhere Reaktionszeiten beim Stroop-Test in der Lutealphase im Gegensatz zur Menstruationsphase. Aufgrund der Ergebnisse gehen die Autoren davon aus, dass durch die höhere Hormonkonzentration in der Lutealphase die Aufmerksamkeit, für die der Stroop-Test als Messverfahren gilt, beeinflusst.

Beim Gedächtnistest konnten Hatta et al. (2009) keine signifikanten Unterschiede aufzeigen. Auch Maki, Rich und Rosenbaum (2002) konnten keine signifikanten Veränderungen im Verlauf des Menstruationszyklus beim expliziten Gedächtnis feststellen. Allerdings zeigten sich signifikante Unterschiede in der Untersuchung des impliziten Gedächtnisses. Frauen zeigten während der Lutealphase in diesem Bereich bessere Leistungen. Die Wirkung von Östrogen auf die Gedächtnisfunktion wurde auch von Miles, Green, Sanders und Hines (1998) bei einer transsexuellen Stichprobe untersucht. Hier hat sich gezeigt, dass sich die Östrogengabe im Rahmen einer Hormontherapie ausschließlich auf verbale Gedächtnisaufgaben positiv auswirkte. In den Bereichen Gedächtnisspanne, mentale Rotation, und Assoziationen zeigte sich keine Veränderung. Um der Frage nachzugehen, wie sich die hormonellen Schwankungen im Verlauf des Menstruationszyklus auf das verbale Gedächtnis auswirken, untersuchten Mordecai, Rubin und Maki (2008) 16 Frauen mit regelmäßigem Zyklus zu zwei Testzeitpunkten. Es wurde jeweils ein verbaler Gedächtnistest vorgegeben. Es ergaben sich hier keine Veränderungen der Gedächtnisleistungen im Zyklusverlauf.

Bei einer Untersuchung zum Merken von Gesichtern (Gasbarri et al., 2008) zeigte sich, dass Frauen zum Zeitpunkt der Ovulation, also zur Zeit der höchsten Östrogenkonzentration, schlechtere Ergebnisse beim Gesichtererkennen erreichten. Die Aufgabe bestand darin, ein zuvor gezeigtes Gesicht,

das eine bestimmte Emotion ausdrückte, nach acht Sekunden wiederzuerkennen. Es wurden bei der zweiten Präsentation vier gleiche Personen mit unterschiedlichen Emotionen gezeigt. In Phasen mit hohem Östrogenlevel zeigten sich vor allem Schwierigkeiten bei der Wiedererkennung der Emotionen Trauer und Ekel. Die Autoren erklären das Ergebnis damit, dass Trauer und Ekel für die Fortpflanzung weniger relevant sind. In fruchtbaren Tagen sind diese Emotionsausdrücke für Frauen demnach weniger bedeutend und werden schlechter gemerkt.

In einer Untersuchung von Derntl, Kryspin-Exner, Fernbach, Moser und Habel (2008) konnte festgestellt werden, dass es im Zyklusverlauf auch Unterschiede in der Emotionserkennung gibt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigten, dass Frauen in der Lutealphase Emotionen schlechter erkannten, als in der Follikulärphase. Dies könnte damit in Zusammenhang stehen, dass Frauen während der Follikulärphase größeres Interesse an sozialer Interaktion haben. Daher sind soziale Signale in dieser Zeit von größerer Bedeutung (Macrae, Alnwick, Milne & Schloerscheidt, 2002).

Pearson und Lewis (2005) untersuchten den Einfluss des Menstruationszyklus auf die Erkennung von Angst. Kurz vor der Ovulation, zum Zeitpunkt des höchsten Östrogenlevels, fanden die Autoren eine höhere Erkennungsgenauigkeit als während der Menstruation, wo die Östrogenkonzentration am niedrigsten ist. Conway et al. (2007) untersuchten den Zusammenhang von Ekel und Progesteron. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, dass Frauen mit hohem Progesteronspiegel Gesichtsausdrücke von Ekel und Angst mit abgewendetem Blick als intensiver empfanden als Gesichtsausdrücke mit zugewendetem Blick. Dieses Ergebnis kann nicht als genereller Einfluss gesehen werden, da sich keine Auswirkungen auf glückliche Gesichter zeigten. Die Autoren schließen daraus, dass Frauen mit höherem Progesteronspiegel sensibler für eine Gefahrenquelle in der Nähe sind.

Obwohl einige Studien Unterschiede im Verlauf des Menstruationszyklus finden konnten, ist die Datenlage uneindeutig. Generell sollten hier auch methodische Unterschiede der einzelnen Studien berücksichtigt werden. So wurden z.B. meist sehr unterschiedliche Testverfahren eingesetzt. Hampson (2002)

weist außerdem darauf hin, dass Frauen nur im Alter von etwa 25 bis 35 Jahren die maximale Konzentration an Östrogen im Blut aufweisen. Bei Studien, die keine Unterschiede im Verlauf des Zyklus finden konnten, wurden durchwegs jüngere Teilnehmerinnen getestet. Daher liegt der Schluss nahe, dass die Unterschiede in den Testergebnissen zum Teil auch auf Alterseffekte der Teilnehmerinnen beruhen. Möglicherweise sind die hormonellen Schwankungen bei jüngeren Probandinnen noch nicht so hoch, dass ein signifikanter Unterschied in den kognitiven Fähigkeiten gefunden werden konnte.

### **2.3.3 Sensorische Wahrnehmung**

Bereits Parlee (1983) fasste die Ergebnisse von Untersuchungen zur sensorischen Wahrnehmung im Verlauf des Menstruationszyklus zusammen. Es zeigten sich in mehreren Studien (z.B. Diamond, Diamond & Mast, 1972; DeMarchi & Tong, 1972, beides zitiert nach Parlee, 1983) signifikante Veränderungen der visuellen Wahrnehmungsschwelle, wobei die Sensitivität zum Zeitpunkt der Ovulation, also mit dem deutlichen Anstieg der Östrogenkonzentration, deutlich anstieg. In Bezug auf auditive Reize fasst Parlee (1983) zusammen, dass es bisher nur wenige Untersuchungen gibt. Es konnte eine niedrigere Wahrnehmungsschwelle in der Lutealphase gefunden werden, die während der Follikulärphase deutlich ansteigt. Die Reaktionszeit auf auditive Reize ist bei höherem Östrogenlevel deutlich verlangsamt. Generell zeigen sich systematische Veränderungen im Verlauf des Menstruationszyklus.

## **2.4 Hormone und Stimmung**

Stimmungsschwankungen im Verlauf des Menstruationszyklus sind ein häufig berichtetes Phänomen. Psychische und physische Beschwerden, die kurze vor oder während der Menstruation auftreten, werden typischerweise als Prämenstruelles Syndrom (PMS) zusammengefasst. Oft beschriebene Symptome sind körperliche Beschwerden, wie z.B. Kopfschmerzen, Rückenschmerzen, Übelkeit, Bauchschmerzen oder Kreislaufprobleme aber auch psychische Beschwerden, wie z.B. depressive Verstimmungen, Gereiztheit, Stimmungsschwankungen oder Antriebslosigkeit. Bei vielen Frauen treten die Beschwerden zwar auf, bereiten aber – wenn überhaupt – nur minimale Einschränkungen im Alltag. Bei manchen Frauen sind die Beschwerden aber so

stark, dass sie den Alltag beträchtlich beeinflussen. In diesem Fall spricht man von prämenstrueller dysphorischer Störung (PMDS). Es wurde auch darüber diskutiert, dieses Syndrom auch im DSM-IV aufzunehmen. Die Symptome werden ähnlich derer des PMS definiert. Das zentrale Kriterium ist allerdings eine Einschränkung der Arbeits- bzw. Schulleistungen (Comer, 2008).

Um das Phänomen des PMS auch wissenschaftlich zu überprüfen, untersuchte Sanders (1983) 55 Frauen, die er auf Basis von Voruntersuchungen in die Gruppen klinisches PMS, nicht klinisches PMS und kein PMS einteilte. Die Frauen hatten die Aufgabe, in regelmäßigen Abständen Aufzeichnungen über ihre Stimmung zu machen und ein Tagebuch zu den Themen physisches Befinden, psychisches Befinden und sexuelle Aktivität zu führen. Die Aufzeichnungen ergaben, dass das Befinden der Frauen in der Mitte des Zyklus, also nach der Menstruation bis kurz nach der Ovulation, am besten war. Die Frauen fühlten sich in der späten Lutealphase, kurz vor dem Eintreten der Menstruation am schlechtesten. Wobei die Beschreibungen der negativen Emotionen und Befindlichkeiten im Großen und Ganzen den typischen Symptomen des PMS entsprachen. Sanders (1983) zieht aus dieser Untersuchung den Schluss, dass die Daten die anekdotischen Berichte unterstützen.

Resnick, Perry, Parry, Mostofi und Udell (1998) verglichen in ihrer Untersuchung Frauen, die nach den Kriterien des DSM-IV an PMDS litten, mit Frauen, die nicht über derartige Beschwerden berichteten. Die Autoren stellten fest, dass Frauen mit PMDS am Ende der Lutealphase deutlich höhere Depressivitätswerte aufwiesen als die Kontrollgruppe, obwohl sich die Werte während der Follikulärphase nicht unterschieden.

Um herauszufinden, ob die etwaigen Stimmungsschwankungen bei Frauen im Zyklusverlauf auch unabhängig von PMDS auftreten, untersuchten Gonda et al. (2008) 63 gesunde Frauen die nach eigenen Angaben nicht an PMDS litten. Den Teilnehmerinnen wurden an drei festgelegten Zeitpunkten, in unterschiedlichen Zyklusphasen, verschiedene psychologische Verfahren zur Messung von Angst, depressiven Verstimmungen, Essverhalten sowie körperlichen und psychischen Beschwerden vorgegeben. Dabei stellte sich her-

aus, dass die Werte für Neurotizismus und Depressivität am Ende der Lutealphase, kurz vor Einsetzen der Menstruation erhöht waren. Die Autoren schießen aus diesen Ergebnissen, dass auch gesunde Frauen, die nicht an PMDS leiden, Stimmungsschwankungen aufweisen.

Obwohl Aggressivität eher mit den Hormonen Testosteron und Cortisol (z.B. Terburg, Morgan & van Honk, 2009) in Verbindung gebracht wird, haben Bond, Critchlow und Wingrove (2003) untersucht, ob sich Frauen mit PMDS in Bezug auf die Aggressivität von einer Kontrollstichprobe unterscheiden. Die Untersuchungsergebnisse zeigten, dass Frauen mit PMDS signifikant häufiger verbale und physische Gewalt einsetzen. In einer weiteren Untersuchung von Brambilla, Specia, Pacchiarotti und Biondi (2010) wurde die Frage behandelt, ob es auch im Zyklusverlauf systematische Schwankungen der Aggressivität gibt, die sich auf weibliche Sexualhormone zurückführen lassen. Basierend auf den Ergebnissen der Untersuchungen zeigte sich, dass es zwar leichte Schwankungen der Aggressivität im Verlauf des Zyklus gibt, diese nicht aber systematisch sind. Daher lassen sie sich auch nicht auf zyklische hormonelle Schwankungen zurückführen.

## **2.5 Hormone und Verhalten**

Hormone können sich nicht nur auf kognitive Leistungen und die emotionale Befindlichkeit auswirken. Auch das menschliche Verhalten kann durch hormonelle Einflüsse verändert werden. Im Allgemeinen wird berichtet, dass Frauen sich kurz vor bzw. während der Menstruation wesentlich impulsiver verhalten als am Ende der Follikulärphase bzw. in der Mitte der Lutealphase (Baca-Garcia, Diaz-Sastre, de Leon & Saiz-Ruiz, 2000).

Hromatko, Tadinac und Vranic (2008) befragten Frauen in verschiedenen Zyklusphasen zu ihrem Verhalten. Dabei wurden typisch weibliche (z.B. sanft, verständnisvoll, etc.) und typisch männliche Verhaltensweisen (z.B. ambitioniert, unabhängig, etc.) vorgegeben. Die Untersuchung ergab, dass es keine Unterschiede bei typisch weiblichen Verhaltensweisen gibt. Die maskulinen Verhaltensweisen sind am Ende der Follikulärphase, kurz vor der Ovulation am höchsten. Dieses Ergebnis mag auf den ersten Blick kontrovers erschei-



nen, da man davon ausgehen würde, dass zu diesem Zeitpunkt das Verhalten besonders weiblich ist. Die Autoren interpretieren das Ergebnis dahingehend, dass unter maskulinem Verhalten Eigenschaften wie dominant oder selbstbewusst abgefragt wurden. Diese Verhaltensweisen könnten als aktive Partnersuche interpretiert werden (Hromatko et al., 2009).

Hormone können sich auch direkt auf die Partnerwahl und die Bewertung der Attraktivität auswirken. In verschiedenen Untersuchungen (z.B. Penton-Voak & Perrett, 2000; Johnston, Hagel, Franklin, Fink & Grammer, 2001) zeigte sich, dass Frauen an fruchtbaren Tagen eher maskulinere Männergesichter attraktiv finden. Erklärt wird dieses Phänomen dadurch, dass besonders männliche Gesichter Gesundheit und Kraft widerspiegeln, um einen gesunden Nachfahren zu zeugen. (Penton-Voak & Perrett, 2000).

Einen interessanten Effekt ergab auch eine Untersuchung von Haselton, Mortezaie, Pillsworth, Bleske-Rechek und Frederick (2007). Die Autoren stellten die Hypothese auf, dass Frauen sich im Verlauf des Menstruationszyklus unterschiedlich kleiden. Frauen kleiden sich am Ende der Follikulärphase moderner und freizügiger und werden auch als attraktiver bewertet. Beurteilt wurden der Kleidungsstil und die Attraktivität sowohl von Männern als auch von Frauen. Die Autoren bieten für dieses Phänomen mehrere Erklärungsansätze. Einerseits wirken Frauen zum Zeitpunkt der Ovulation auf andere generell attraktiver, andererseits fühlen sie sich in dieser Zeit wohler und attraktiver. Daher kleiden sie sich auch dementsprechend. Begründet wird dieser Unterschied von den Autoren dadurch, dass Frauen an fruchtbaren Tagen eher potentielle Partner anziehen wollen.

Frauen wird nachgesagt, dass Geld für sie ein emotionaleres Thema sei, als es bei Männern der Fall ist. Um dieses Thema näher zu beleuchten, untersuchten Pine und Fletcher (2011) in ihrer Studie das wirtschaftliche Verhalten von Frauen. Im Rahmen dieser Studie zeigte sich, dass Frauen in der Lutealphase Geld impulsiver und unkontrollierter ausgeben als in der Follikulärphase. Die Autoren führen das auf impulsivere Verhalten von Frauen während der Lutealphase zurück.

## 3 Hormone und Geruch

Wie in Kapitel 2 beschrieben, beeinflussen Hormone das menschliche Erleben und Verhalten. In Kapitel 2.2.3 konnte gezeigt werden, dass Hormone auch auf die sensorische Wahrnehmung wirken. Auch die Geruchswahrnehmung kann durch Hormone beeinflusst werden. Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Auswirkungen von weiblichen Sexualsteroiden auf die Riechfähigkeit in unterschiedlichen Lebenssituationen.

### 3.1 Menstruationszyklus

Um mögliche Veränderungen der Riechfähigkeit während des Zyklus feststellen zu können, untersuchten Navarrete-Palacios, Hudson, Reyes-Guerrero und Guevara-Guzmán (2003a) 332 Frauen zwischen 13 und 49 Jahren entweder in der Follikulärphase, der Ovulationsphase, der Lutealphase oder während der Menstruationsphase. Zusätzlich wurden 15 Frauen zwischen 20 und 43 Jahren in jeder der vier Phasen innerhalb eines Zyklus getestet. Zur Überprüfung der Wahrnehmungsschwelle wurden den Probanden Flaschen mit acht verschiedenen Konzentrationen von Amylacetat (Geruch nach Bananen) vorgegeben. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass Frauen in der Ovulationsphase die niedrigste Wahrnehmungsschwelle aufweisen. Während der Menstruationsphase waren sie für olfaktorische Reize am wenigsten sensibel. Dieses Ergebnis wurde sowohl bei den einzelnen Frauengruppen gefunden, die nur einmal getestet wurden, als auch bei der kleinen Gruppe von Frauen, die im Zyklusverlauf mehrere Testungen absolvierten.

Zum Vergleich untersuchten Navarrete-Palacios et al. (2003a) zusätzlich 83 Frauen nach dem Ausbleiben der Menstruation, 60 Mädchen vor der Pubertät und 183 Männer. Dabei zeigte sich eine signifikant niedrigere Wahrnehmungsschwelle bei den Frauen während der Ovulation im Vergleich zu den Frauen nach der Menopause und den Mädchen vor der Pubertät. Es konnten allerdings keine signifikanten Unterschiede zwischen den Frauen in der Ovulationsphase und den Männern festgestellt werden.

Grillo et al. (2001) führten in ihrer Untersuchung zusätzlich zur Erhebung der Wahrnehmungsschwelle eine rhinomanometrische Untersuchung<sup>11</sup> durch. Dazu wurden 64 Frauen im Alter von 18 bis 40 Jahren jeweils in der Follikulärphase, der Ovulationsphase und der Lutealphase untersucht. Zur Überprüfung der Wahrnehmungsschwelle wurden sechs verschiedene Duftstoffe eingesetzt, um mögliche Einflüsse des verwendeten Geruchs ausschließen zu können. Die Ergebnisse der Rhinomanometrie zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Zyklusphasen. Die Untersuchung der Wahrnehmungsschwelle ergab allerdings signifikante Unterschiede zwischen allen drei Phasen. Während der Lutealphase war die Wahrnehmungsschwelle am höchsten. Die niedrigste Wahrnehmungsschwelle zeigte sich in der Ovulationsphase. Diese Ergebnisse widersprechen den Daten von Navarrete-Palacios et al. (2003a).

In einer weiteren Untersuchung (Watanabe, Umezu & Kurahashi, 2002) wurde untersucht, ob es im Zyklusverlauf Unterschiede in der Bewertung der Intensität eines Geruchs gibt. Dazu wurden den 15 Testteilnehmerinnen an jedem Tag eines Zyklus 12 Konzentrationen von Cylopetadecanol (Moschusgeruch) vorgegeben. Sie sollten diese in Bezug auf die Intensität anhand einer sechsstufigen Skala mit den Extrempunkten *kein Geruch* und *sehr starker Geruch* bewerten.

Aus diesen Daten wurde dann der olfaktorische Kontrast berechnet. Es hat sich gezeigt, dass dieser einen deutlichen Anstieg während oder kurz nach der Menstruation und gegen Ende der Lutealphase zeigt. Diese Ergebnisse sind konträr zu denen von Navarrete-Palacios et al. (2003a). Watanabe et al. (2002) merken an, dass auch der eingesetzte Duftstoff einen Einfluss haben könnte. Der moschusartige Geruch könnte für Frauen an fruchtbaren Tagen möglicherweise angenehmer riechen als während der Menstruation. Diese hedonischen Einflüsse könnten sich auch auf die Bewertung der Intensität auswirken.

Pause, Sojka, Krauel, Fehm-Wolfsdorf und Ferstl (1996) beschäftigten sich mit der Verarbeitung olfaktorischer Reize im Verlauf des Menstruationszyklus.

---

<sup>11</sup> Im Rahmen der rhinomanometrischen Untersuchung wird der Luftwiderstand in der Nase während der Atmung gemessen (vgl. z.B. Bachmann, 1982).

Dazu wurden fünf Frauen zwischen 20 und 35 Jahren drei Mal im Verlauf ihres Zyklus untersucht, während der Follikulär-, der Ovulations- und der Lutealphase. Bei jeder Untersuchung wurden chemosensorische ereigniskorrelierte Potentiale (CSERP)<sup>12</sup> aufgezeichnet. Zusätzlich wurde jedes Mal die hedonische Bewertung für den präsentierten Geruch (Zitronenduft) erhoben. Obwohl es bei der Wahrnehmungsschwelle keine Unterschiede zwischen den Zyklusphasen gab, zeigten sich deutliche Unterschiede in den CSERP. Während der Ovulationsphase wurde die Reizverarbeitung im Verlauf der Sitzung immer schneller. Der genau gegenteilige Effekt zeigte sich in der Follikulärphase. Hier wurden die Reize in der ersten Testhälfte der Untersuchung schneller verarbeitet als in der zweiten. In der Lutealphase konnte kein zeitlicher Effekt gemessen werden. Die Autoren weisen allerdings darauf hin, dass der zeitliche Effekt auch mit dem Duftstoff und dessen Konzentration in Verbindung stehen könnte. Die Amplitude der P3-Komponente<sup>13</sup>, die nach Pause et al. (1996) die Neuigkeit des Reizes widerspiegelt, war in der ersten Hälfte der Ovulationsphase deutlich höher als in den anderen beiden Phasen. Die Autoren interpretieren diese als höhere Aufmerksamkeit gegenüber dem olfaktorischen Reiz.

### 3.2 Schwangerschaft

Veränderungen der Geruchswahrnehmung während der Schwangerschaft sind ein sehr bekanntes Phänomen. Allerdings existierten lange Zeit nur anekdotische Berichte über die Selbstwahrnehmung. Dieses Phänomen wurde damit erklärt, dass Frauen in der Schwangerschaft auf Gerüche sensibler reagieren, um sich selbst und das ungeborene Kind vor eventuellen Gefahren zu schützen. Die aktuelle Forschungslage zeigt allerdings uneinheitliche Ergebnisse (vgl. Nordin, Broman, Bringlöv und Wulff, 2007; Nordin, Broman &

---

<sup>12</sup> Ereigniskorrelierte Potentiale (ERP) sind Amplituden im EEG, die mit durch Sinneswahrnehmungen (in diesem Fall chemosensorische Wahrnehmungen) ausgelöst werden (vgl. Schandry, 2002).

<sup>13</sup> Die P3 (auch P300) ist eine positive Amplitude die etwa 300 Millisekunden nach dem Stimulus auftritt. Zur Bedeutung der P3 gibt es mehrere Ansätze. Generell zeigt sich, dass diese Amplitude besonderes stark bei neuen, unerwarteten Reizen auftritt (hier ist die Amplitude im frontalen Bereich am stärksten). Außerdem ist sie ein Indikator für die persönliche Bedeutung des präsentierten Reizes (am deutlichsten in parietalen Elektroden erkennbar). Weiterführende Informationen zur P3 siehe Seifert (2005).

Wulff 2005; Cameron, 2007; Ochsenbein-Kölble, von Mering, Zimmermann und Hummel, 2007).

In einer Untersuchung von Nordin et al. (2007) zeigte sich eine signifikante Veränderung während der ersten Schwangerschaftsmonate. In dieser Untersuchung wurden 95 schwangere Frauen im Alter von 18 bis 44 Jahren befragt. Die Teilnehmerinnen befanden sich zum Zeitpunkt der Testung in der 8. – 18. Schwangerschaftswoche. Es wurden zwei Fragebögen vorgegeben, einer zur Erfassung der Sensitivität für olfaktorische Reize und ein weiterer zur Erfassung der Sensitivität auf Geräusche in der Umgebung. Die schwangeren Frauen berichteten von einer deutlich höheren Sensitivität für olfaktorische Reize, als die Kontrollgruppe, die aus 102 nicht schwangeren Frauen bestand. In der Sensitivität auf die Geräuschumgebung konnten kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden.

In einer weiteren Studie (Nordin et al., 2005) wurden Frauen in der 21. bis 23. Schwangerschaftswoche mit den oben genannten Verfahren untersucht. Auch hier gaben die Schwangeren eine höhere Sensibilität für Gerüche im Vergleich zur Kontrollstichprobe an. Die Autoren schließen aus den Ergebnissen, dass durch die Schwangerschaft keine generell höhere Sensitivität auf Umgebungsreize besteht. Diese bezieht sich ausschließlich auf Gerüche. Es ist hervorzuheben, dass es sich bei diesen beiden Untersuchungen (Nordin et al., 2007; Nordin et al., 2005) um Fragebogenstudien handelt, in der die Selbstwahrnehmung untersucht wurde. Es kann daraus kein Schluss gezogen werden, ob es auch eine objektiv messbare Veränderung der Wahrnehmungsschwelle oder anderer Bereiche der Riechfähigkeit gibt.

Cameron (2007) konnte zeigen, dass es keinen Unterschied in der Geruchsidentifikationsleistung zwischen Frauen in verschiedenen Schwangerschaftsabschnitten und nicht Schwangeren gibt. Wobei die Schwangeren wie auch in den Untersuchungen von Nordin et al. (2007) und Nordin et al. (2005) in der Selbsteinschätzung eine höhere Sensitivität angaben. Weiters konnte in dieser Studie festgestellt werden, dass Schwangere im ersten Trimester die Gerüche als etwas intensiver bewerteten, wobei es hier signifikante Unterschiede nur bei bestimmten Gerüchen gab. Zusätzlich ergab die Studie Unter-

schiede in der hedonischen Bewertung für einzelne Gerüche bei Schwangeren im ersten Trimester im Vergleich zu den nicht schwangeren Frauen. Ein ähnliches Ergebnis konnte auch in einer anderen Untersuchung erzielt werden (Kölble, Hummel, von Mering, Huch & Huch, 2001). Hier bewerteten Schwangere die Gerüche Rum, Zigarette, und Kaffee als unangenehmer im Gegensatz zur Vergleichsstichprobe, obwohl keine Unterschiede in der Wahrnehmungsschwelle erzielt wurden.

Ochsenbein-Kölble et al. (2007) untersuchten Unterschiede in der Wahrnehmungsschwelle, der Diskriminationsfähigkeit und der Identifikationsfähigkeit zwischen Schwangeren in unterschiedlichen Trimestern, nach der Geburt und einer nicht schwangeren Kontrollgruppe. Es konnte keine Unterschiede zwischen den nicht schwangeren und den schwangeren Frauen in den ersten beiden Trimestern gefunden werden. Es gab weder Unterschiede in einem der drei Einzelbereiche (Wahrnehmungsschwelle, Diskrimination, Identifikation), noch im Gesamtwert. Allerdings fanden Ochsenbein-Kölble et al. (2007) eine Verschlechterung der Riechfähigkeit im letzten Trimester der Schwangerschaft im Vergleich zur Kontrollgruppe. Diese hält auch noch nach der Geburt an. Diese Leistungsver schlechterung bezog sich nur auf die Wahrnehmungsschwelle und auf den Gesamtwert, in der Diskriminationsfähigkeit sowie in der Identifikationsfähigkeit konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Autoren erklären die veränderte Selbsteinschätzung mit einer Veränderung der kognitiven Verarbeitung von Gerüchen, da sich keinerlei Unterschiede in der Riechfähigkeit zeigen. Diese Hypothese wird auch von CSERP-Studien gestützt: Olofsson, Broman, Wulff, Martinkauppi und Nordin (2005) fanden keine signifikanten Unterschiede zwischen schwangeren und nicht schwangeren Frauen. Allerdings zeigte sich die Tendenz, dass sich die Komponente P3, die wahrscheinlich die Wichtigkeit des Stimulus für die Person widerspiegelt (siehe S. 56), bei schwangeren Frauen eine höhere Amplitude sowie eine kürzere Latenz aufweist. Möglicherweise gibt es eine veränderte Reizwahrnehmung während der Schwangerschaft. Allerdings wurden in dieser Untersuchung ausschließlich Frauen zwischen der 21. und der 23. Schwangerschaftswoche untersucht.

In einer Untersuchung von Hummel, von Mering, Huch und Kölble (2002) wurde der Zusammenhang zwischen Übelkeit und Erbrechen während der Schwangerschaft und der Geruchssensitivität untersucht. Dazu wurden die Wahrnehmungsschwelle, die Diskriminationsfähigkeit und die Identifikationsfähigkeit untersucht. Zusätzlich wurden Werte für Übelkeit, Erbrechen, somatische und psychische Beschwerden erhoben. Die Daten zeigten, dass eine höhere Sensitivität für Geruchsreize nicht mit höheren Werten auf der Übelkeitsskala korreliert. Die Ergebnisse weisen eher darauf hin, dass Übelkeit, die durch Gerüche induziert wird, von der subjektiv empfundenen Intensität abhängt. Die Autoren schließen aus diesen Daten, dass diese geruchsinduzierte Übelkeit durch die kognitive Verarbeitung entsteht.

Swallow et al. (2005) wollten die Hypothese der erhöhten olfaktorischen Sensitivität zum Schutz vor potentiellen Gefahren untersuchen. Dazu untersuchten sie 57 schwangere Frauen, eine Kontrollgruppe von 62 nicht schwangeren Frauen und 58 Männer. Den Teilnehmern wurden sechs Gerüche von Lebensmitteln präsentiert. Davon waren drei Gerüche von völlig harmlosen Produkten, die anderen drei Gerüche stellten potentielle Gefahrenquellen für Schwangere dar. Die Testpersonen hatten die Aufgabe, alle Gerüche in Bezug auf die Intensität, die Gefälligkeit und die Hedonik zu bewerten. Die schwangeren Frauen beurteilten die vorgegebenen Gerüche generell als weniger angenehm und gaben an, dass sie diese weniger mögen. Sichere und eventuell gefährliche Gerüche wurden zwar unterschiedlich bewertet, allerdings zeigte sich dieser Unterschied auch bei den nicht schwangeren Frauen und den Männern. Die Hypothese, dass Schwangere eine erhöhte Sensitivität für Gerüche aufweisen, um sich selbst und den Embryo vor potentiellen Gefahren zu schützen, konnte durch die Ergebnisse von Swallow et al. (2005) nicht unterstützt werden.

### **3.3 Hormontherapie**

Um den Einfluss hormoneller Komponenten auf die Riechfähigkeit genauer zu untersuchen, führten Caruso et al. (2004) eine Studie mit Frauen nach der Menopause, die sich einer Hormontherapie unterzogen, durch. Dazu wurden 46 Frauen nach der Menopause untersucht. Alle Teilnehmerinnen unterzogen sich einer Voruntersuchung zur Erhebung einer Baseline, bevor die Proban-

dinnen mit der Hormonersatztherapie behandelt wurden. 18 Teilnehmerinnen verwendeten Hormontabletten, die übrigen 28 Frauen setzten Hormonpflaster ein. Acht Monate nach Beginn der Hormontherapie erfolgte eine erneute Messung. Zur Messung der Riechfähigkeit wurde einerseits eine rhinomanometrische Messung vorgenommen. Zusätzlich wurde die Wahrnehmungsschwelle für fünf verschiedene Duftstoffe erhoben. Es wurden mehrere Gerüche eingesetzt, um eventuelle Unterschiede zwischen Duftstoffen, die ausschließlich eine olfaktorische Komponente aufweisen und Gerüchen, die auch stärkere trigeminale Anteile zeigen, feststellen zu können. Die Wahrnehmungsschwelle lag für alle vorgegebenen Gerüche acht Monate nach Beginn der Hormonersatztherapie signifikant unter den in der Baseline erhobenen Werten. Auch der Luftstrom veränderte sich signifikant. Sowohl beim Einatmen als auch beim Ausatmen war der in der Nase gemessene Luftstrom deutlich stärker. Die Autoren gehen davon aus, dass der erhöhte Hormonspiegel zu dieser Veränderung führt. Der verstärkte Luftstrom scheint mit der Veränderung in der Riechfähigkeit zusammenzuhängen. Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit anderen Untersuchungen, die zeigten, dass die Wahrnehmungsschwelle bei höherem Östrogenspiegel signifikant niedriger war als bei einer geringen Östrogenkonzentration.

### **3.4 Orale Kontrazeptiva**

Da orale Kontrazeptiva einen künstlichen Anstieg des Hormonspiegels im Körper bewirken, führten Caruso et al. (2001) eine Studie zum Einfluss dieser auf die Riechfähigkeit durch. Dazu wurden 60 Frauen im Alter von 18 bis 40 Jahren untersucht. Alle Teilnehmerinnen planten in der nächsten Zeit mit der Einnahme oraler Kontrazeptiva zu beginnen. Vor Beginn der Einnahme wurden alle Teilnehmerinnen im Verlauf eines Zyklus drei Mal getestet. Nach etwa dreimonatiger Einnahme erfolgte eine erneute Untersuchung aller Probandinnen an den Tagen 7, 14 und 21 der Einnahme. Zur Überprüfung der Riechfähigkeit wurde eine rhinomanometrische Erhebung des Luftstromvolumens gemacht. Weiters wurde die Wahrnehmungsschwelle für sechs verschiedene Gerüche erhoben. Die Autoren setzten hier verschieden Arten von Duftstoffen ein, um eventuelle Einflüsse des gewählten Duftstoffs ausschließen zu können. Es wurden vier Kategorien an Duftstoffen verwendet: Gerü-



che, die nur olfaktorische Stimulation bewirken, Düfte, mit hauptsächlich trigeminaler Verarbeitung und Duftstoffe, die neben der olfaktorischen und der trigeminalen Reizung auch noch die Geschmackssensoren aktivieren. Die Teilnehmerinnen verwendeten insgesamt vier verschiedene Präparate, die zwei unterschiedliche Dosierungen von Östrogenen und Gestagenen enthielten. Die Ergebnisse der Untersuchung der Wahrnehmungsschwelle zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen der Ovulationsphase und der Werte während der Einnahme der Pille. In der Ovulationsphase waren die Schwellenwerte für alle Duftstoffe signifikant niedriger als während der Pilleneinnahme. Verglichen mit der Lutealphase konnten keine signifikanten Unterschiede zu den Pilleverwenderinnen gefunden werden. Die Autoren erklärten diesen Effekt damit, dass alle Teilnehmerinnen Einphasen-Kombinationspräparate verwendeten. Dadurch wird eine Hormonkonzentration erreicht, die in etwa dem Hormonspiegel während der Lutealphase entspricht. Auch die rhinomanometrische Untersuchung zeigte signifikante Unterschiede zwischen der Einnahmephase der Pille und allen Zyklusphasen. Wobei sich der stärkste Luftstrom während der Ovulationsphase und der niedrigste während der Follikulärphase zeigte, beim Einsatz der oralen Kontrazeptiva lagen die Werte zwischen diesen beiden Punkten. Es konnte kein Unterschied zwischen den Verwenderinnen der beiden Dosierungen festgestellt werden, weder in der rhinomanometrischen Untersuchung, noch in der Testung der Wahrnehmungsschwelle.

### **3.5 Zusammenfassung des Forschungsstands**

In verschiedenen Untersuchungsbereichen zum Thema Veränderung der Geruchswahrnehmung durch hormonelle Einflüsse zeigte sich, dass sich ein veränderter Hormonstatus auf die Riechfähigkeit auswirken kann. Verschiedene Untersuchungen ergaben, dass die Wahrnehmungsschwelle für unterschiedliche Duftstoffe in Zyklusphasen mit sehr hohem Östrogenspiegel signifikant sinkt (z.B. Navarrete-Palacios et al., 2003a). Ähnliche Ergebnisse wurden auch bei Frauen im Rahmen einer Hormonersatztherapie nach der Menopause festgestellt (Caruso et al., 2004). Auch Frauen, die hormonelle Verhütungsmittel einsetzten, zeigten Veränderungen in ihrer Riechfähigkeit (Caruso et al., 2001).

Bei Untersuchungen mit schwangeren Frauen wurden unterschiedliche Ergebnisse gefunden. Während in Befragungen die Schwangeren eine signifikant höhere Sensibilität für olfaktorische Reize angaben (Nordin et al., 2005; Nordin et al., 2007), konnte in objektiven Untersuchungen der Parameter Wahrnehmungsschwelle, Diskriminations- und Identifikationsfähigkeit kein Unterschied in den ersten beiden Trimestern zu einer nicht schwangeren Kontrollgruppe gefunden werden. Im letzten Trimester und nach der Geburt verschlechterte sich die Riechfähigkeit sogar (Ochsenbein-Kölble et al., 2007). Olofsson et al. (2005) gehen davon aus, dass die Veränderung der Riechwahrnehmung in der Schwangerschaft, also die empfundene höhere Sensitivität, durch eine veränderte kognitive Verarbeitung entsteht. Darauf ist möglicherweise auch die unterschiedliche hedonische Bewertung bestimmter Gerüche (z.B. Swallow et al., 2005) zurückzuführen.

In den wenigen Untersuchungen zu Veränderungen zur Geruchswahrnehmung im Verlauf des Menstruationszyklus wurden bisher ausschließlich die Wahrnehmungsschwelle und physiologische Parameter untersucht. Daten zur Diskriminationsfähigkeit und zur Identifikationsfähigkeit fehlen noch zur Gänze. Die Ergebnisse der bereits durchgeführten Untersuchungen zur Wahrnehmungsschwelle in unterschiedlichen Zyklusphasen zeigen inkonsistente Ergebnisse. Navarrete-Palacios et al. (2003) fanden die höchste Wahrnehmungsschwelle in der Menstruationsphase, während Grillo et al. (2001) die höchste Schwelle in der Lutealphase ermittelten. Zur Einnahme oraler Kontrazeptiva wurde bisher nur eine Untersuchung zur Wahrnehmungsschwelle durchgeführt (Caruso et al., 2001). Auch hier liegen keine Untersuchungen zur Diskriminations- bzw. Identifikationsfähigkeit vor.

## **4 Fragestellungen und Ziele der Untersuchung**

Die vorangegangenen Kapitel zeigten, dass der menschliche Geruchssinn deutlich mehr Auswirkung auf das Erleben und Verhalten im Alltag hat, als es bewusst wahrgenommen wird. Obwohl dem Riechen heute weniger Bedeutung beigemessen wird, können sowohl kognitive als auch affektive Komponenten deutlich beeinflusst werden.

Auch das hormonelle System hat zentralen Einfluss auf menschliches Verhalten. Wie in Kapitel 2 aufgezeigt wurde, kann neben der kognitiven Leistung und der Stimmung auch die sensorische Wahrnehmung durch hormonelle Veränderungen beeinflusst werden. Vor allem weibliche Sexualhormone, hier besonders die Östrogenen spielen eine bedeutende Rolle im Erleben und Verhalten von Frauen.

Das Ziel der Untersuchung ist es, den Einfluss hormoneller Schwankungen im Verlauf des Menstruationszyklus auf verschiedene Bereiche der Riechfähigkeit zu untersuchen. Da sich viele bisherige Untersuchungen nur auf die Wahrnehmungsschwelle konzentrierten, sollen in der vorliegenden Studie neben Unterschieden in der Wahrnehmungsschwelle auch mögliche Veränderungen der Diskriminationsfähigkeit und der Identifikationsfähigkeit von Gerüchen untersucht werden. Von zentralem Interesse ist auch die Auswirkung künstlich zugeführter Hormone auf die Riechfähigkeit. Im Rahmen dieser Untersuchung werden orale Kontrazeptiva genauer untersucht. Zusätzlich werden auch geschlechtsspezifische Unterschiede in der Geruchswahrnehmung näher betrachtet.

### **4.1 Hypothesen**

Basierend auf den in den Kapiteln 1 bis 3 vorgestellten bisherigen Forschungsergebnissen werden hier die Forschungshypothesen dieser Untersuchung vorgestellt. Da die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen teilweise sehr unterschiedlich waren und daher keine gerichtete Formulierung zu-

lässig ist, werden die Hypothesen hier ungerichtet formuliert. Um die Auflistung der Hypothesen möglichst übersichtlich zu gestalten, wird hier ausschließlich die Alternativhypothese angeführt.

Die erste Hypothese bezieht sich auf Geschlechtsunterschiede. Basierend auf der Untersuchung von Larsson et al. (2004) wird geprüft, ob sich die Riechfähigkeit von Frauen und Männern signifikant unterscheidet.

**H1.1:** Frauen und Männer unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Riechfähigkeit.

Um detailliertere Untersuchungen der Geschlechtsunterschiede hinsichtlich der drei Teilttests zu überprüfen, wurden die Hypothesen genauer formuliert.

**H1.1.1-1.1.3:** Frauen und Männer unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Leistung im Schwellentest/ Diskriminationstest/ Identifikationstest.

Einzelne Untersuchungen (z.B. Watanabe et al., 2002) konnten Unterschiede in der Riechfähigkeit in unterschiedlichen Zyklusphasen feststellen. Basierend auf diesen Ergebnissen wird folgende allgemeine Hypothese formuliert:

**H1.2:** Die Riechfähigkeit bei Frauen in der Follikulärphase unterscheidet sich zur Riechleistung in der Lutealphase.

Zur genaueren Überprüfung der einzelnen Teilbereiche der Riechfähigkeit in den einzelnen Zyklusphasen wurden detailliertere Hypothesen aufgestellt.

**H2.1.1-2.3.1:** Die Riechfähigkeit bei Frauen in der Follikulärphase unterscheidet sich zur Riechleistung in der Lutealphase im Schwellentest/ Diskriminationstest/ Identifikationstest.

Caruso et al. (2001) haben festgestellt, dass die Einnahme oraler Kontrazeptiva Auswirkungen auf die Geruchswahrnehmung hat. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wird folgende allgemeine Hypothese formuliert:

**H1.3:** Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, unterscheiden sich in Bezug auf die Riechfähigkeit von Frauen, die keine oralen Kontrazeptiva einnehmen.

Auch diese Hypothese wird zur genaueren Analyse in drei Teile gegliedert. So kann ein genaueres Profil der Riechleistung ermittelt werden.

**H3.1.1-3.3.1:** Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, unterscheiden sich im Schwellentest/ Diskriminationstest/ Identifikationstest von Frauen, die keine oralen Kontrazeptiva einnehmen.

Wie sich in Untersuchungen mit Schwangeren gezeigt hat, können Veränderungen im Hormonhaushalt auch die hedonische Bewertung und die Bewertung der Intensität von Gerüchen beeinflussen (z.B. Kölble et al., 2001; Swallow et al., 2005). Daher werden folgende Hypothesen zum Einfluss der Zyklusphase aufgestellt:

**H4.1:** Frauen in der Follikulärphase unterscheiden sich in der Bewertung der Hedonik von n-Butanol von Frauen in der Lutealphase.

**H5.1:** Frauen in der Follikulärphase unterscheiden sich in der Bewertung der Intensität von n-Butanol von Frauen in der Lutealphase.

Da auch durch orale Kontrazeptiva in den weiblichen Hormonhaushalt eingegriffen wird, werden folgende Hypothesen zur Einnahme hormoneller Verhütungsmittel formuliert:

**H6.1:** Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, unterscheiden sich in der Bewertung der Hedonik von n-Butanol von Frauen, die keine oralen Kontrazeptiva einsetzen.

**H7.1:** Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, unterscheiden sich in der Bewertung der Intensität von n-Butanol von Frauen, die keine oralen Kontrazeptiva einsetzen.

Auch die Stimmung kann die Bewertung der Umgebungsreize beeinflussen, da z.B. in positiver Stimmung angenehme Reize verstärkt wahrgenommen werden (vgl. Eysenck, 2001). Daher wird von einem Einfluss der aktuellen Stimmung auf die hedonische Bewertung von n-Butanol ausgegangen.

**H8.1:** Es existiert ein Zusammenhang zwischen der aktuellen Stimmung und der hedonischen Bewertung von n-Butanol.

Entsprechend Larsson et al. (2004), die in der kognitiven Leistung, im Besonderen im Wortschatz, einen bedeutenden Prädiktor zur Voraussage der Geruchswahrnehmung sehen, wird diese Hypothese formuliert:

**H9.1:** Es existiert ein Zusammenhang zwischen der kognitiven Leistungsfähigkeit und der Riechfähigkeit.

Auch die subjektive Befindlichkeit kann auf die Geruchswahrnehmung einwirken. Daher werden folgende Hypothesen aufgestellt:

**H10.1.1-10.3.1:** Es existiert ein Zusammenhang zwischen dem subjektiven Gefühl während der Schwellentestung/ dem Diskriminationstest/ dem Identifikationstest und der entsprechenden Testleistung.

**H11.1.1-11.3.1:** Es existiert ein Zusammenhang zwischen der Aufregung während der Schwellentestung/ dem Diskriminationstest/ dem Identifikationstest und der entsprechenden Testleistung.

**H12.1.1-12.3.1:** Es existiert ein Zusammenhang zwischen der Konzentration während der Schwellentestung/ dem Diskriminationstest/ dem Identifikationstest und der entsprechenden Testleistung.

## **5 Planung und Durchführung der Untersuchung**

Das folgende Kapitel widmet sich der konkreten Umsetzung der Untersuchung. Es werden das genaue Untersuchungsdesign, die Operationalisierung der Variablen, die Stichprobe, die eingesetzten Erhebungsinstrumente sowie die Methoden der statistischen Auswertung näher erläutert.

### **5.1 Untersuchungsdesign**

Zur Überprüfung der in Kapitel 4.1 vorgestellten Hypothesen wurde ein quasiexperimentelles Studiendesign eingesetzt, da eine zufällige Zuordnung der Testpersonen in die Versuchsgruppen nicht möglich war. Die Zuteilung zu den Versuchs- und Kontrollgruppen erfolgte aufgrund des Geschlechts der Testpersonen oder der Einnahme oraler Kontrazeptiva. Nach zwei bis sieben Wochen wurden alle Testpersonen erneut untersucht, um festzustellen, ob sich intraindividuelle Unterschiede in der Riechfähigkeit zeigen. Die Frauen, die keine hormonellen Verhütungsmittel einsetzten, wurden zum zweiten Testzeitpunkt in der konträren Zyklusphase zur ersten Testung untersucht. Das bedeutet, dass alle Frauen, die zum ersten Testzeitpunkt in der Follikulärphase getestet wurden, ihre Wiederholungstestung in der Lutealphase absolvierten und umgekehrt.

#### **5.1.1 Operationalisierung der Variablen**

Im folgenden Abschnitt wird die konkrete Operationalisierung der Messung der interessierenden unabhängigen und abhängigen Variablen näher erläutert. Es wird hier nicht näher auf die jeweiligen Messverfahren eingegangen. Diese werden in Kapitel 5.3 detailliert beschrieben.

Das primäre Ziel dieser Studie ist die Untersuchung des Einflusses von Hormonen auf die Geruchswahrnehmung. Dazu wurden die unabhängigen Variablen Geschlecht, Einnahme oraler Kontrazeptiva und Zyklusphase definiert. Weiters wird aber noch von Zusammenhängen zwischen den unabhängigen Variablen positive und negative Stimmung, subjektives Gefühl, Aufregung

und Konzentration während der Testung mit der Geruchswahrnehmung ausgegangen. Daher werden auch diese unabhängigen Variablen definiert.

#### **UV 1: Geschlecht**

Die Variable Geschlecht wurde mittels soziodemographischem Fragebogen in ihren dichotomen Ausprägungen männlich und weiblich erhoben.

#### **UV 2: Zyklusphase**

Frauen, die keine hormonellen Verhütungsmittel zum Zeitpunkt der Testung einnahmen, wurden im soziodemographischen Fragebogen über die Regelmäßigkeit ihres Zyklus befragt. Die Teilnehmerinnen wurden zusätzlich noch aufgefordert, den Zeitpunkt des Beginns ihrer letzten Menstruation anzugeben. Basierend auf den Angaben des Zyklustages erfolgte die Einteilung der Frauen in die beiden Gruppen Follikulär- bzw. Lutealphase.

#### **UV 3: Einnahme orale Kontrazeptiva**

Im soziodemographischen Fragebogen wurden die Testteilnehmerinnen nach der Einnahme oraler Kontrazeptiva sowie nach dem Namen des Präparats und der Dauer der Einnahme gefragt.

#### **UV 4 & 5: Positive und negative Stimmung**

Die aktuelle positive und negative Stimmung wurde direkt vor der Geruchstestung mit der Positive and Negative Affect Schedule (PANAS; Watson, Clark & Tellegen, 1988) erhoben. Dabei wird ein Summenscore über die positiven und negativen Stimmungen gebildet. Zum Vergleich wurde nach der Geruchstestung derselbe Fragebogen noch einmal vorgegeben.

#### **UV 6: Kristalline Intelligenz**

Die kristalline Intelligenz wurde unter Verwendung des Mehrfachwahlwortschatztests in der Version B (Lehrl, 1995) erhoben.



**UV 7: Subjektives Gefühl während der Testung**

Das subjektive Gefühl während der Testung wurde mittels Analogskala (siehe Anhang D & E) direkt im Anschluss an den jeweilige Teilttest erhoben.

**UV 8: Aufregung während der Testung**

Auch zur Erhebung der Aufregung während der Testung wurde eine Analogskala (siehe Anhang D & E) direkt im Anschluss an den jeweiligen Teilttest vorgelegt.

**UV 9: Konzentration während der Testung**

Um die Konzentration während der Testung zu erfassen, wurden ebenfalls eine Analogskala (siehe Anhang D & E) direkt nach dem jeweiligen Teilttest vorgegeben.

Von zentralem Interesse war der Einfluss der oben genannten unabhängigen Variablen auf die Riechfähigkeit, sowie ihrer einzelnen Komponenten: Wahrnehmungsschwelle, Geruchsdiskrimination und Geruchsidentifikation. Zusätzlich war von Interesse, wie sich die zuvor definierten unabhängigen Variablen auf die Bewertung der Intensität und der Hedonik von n-Butanol auswirken. Daher wurden die abhängigen Variablen Riechfähigkeit insgesamt, Wahrnehmungsschwelle, Geruchsdiskrimination, Geruchsidentifikation, Bewertung der Intensität und der Hedonik von n-Butanol definiert.

**AV 1: Riechfähigkeit (Gesamtpformance)**

Zur Erhebung der Riechfähigkeit wurden die Sniffin' Sticks der Firma Burghart Medizintechnik eingesetzt. Die Gesamtpformance ergibt sich aus dem Summenscore der drei Teilttests.

**AV 2: Wahrnehmungsschwelle**

Die Wahrnehmungsschwelle wurde mit dem Schwellentest für n-Butanol der Sniffin' Sticks erhoben.

**AV 3: Geruchsdiskrimination**

Zur Erhebung der Diskriminationsfähigkeit wurde mit der Diskriminationstest der Sniffin' Sticks eingesetzt.

**AV 4: Geruchsidentifikation**

Um die Geruchsidentifikationsleistung zu erheben wurde der Identifikationstest der Sniffin' Sticks verwendet.

**AV 5: Bewertung der Intensität von n-Butanol**

Die Operationalisierung dieser Variable erfolgte mittels Analogskala (10 cm). Anhand dieser sollten die Testpersonen angeben, wie intensiv sie die entsprechende Konzentration von n-Butanol empfanden. Die Endpunkte der Skala reichten von *sehr schwach* bis *sehr stark*.

**AV 6: Bewertung der Hedonik von n-Butanol**

Zur Erhebung der hedonischen Bewertung von n-Butanol wurde ebenfalls eine 10 cm lange Analogskala eingesetzt. Die Testpersonen wurden angewiesen zu markieren, wie angenehm sie den präsentierten Geruch empfanden. Die Skala reichte von *sehr angenehm* bis *sehr unangenehm*.

**5.1.2 Störvariablen**

Um mögliche Einflüsse anderer Variablen ausschließen zu können, wurden zusätzlich verschiedene weitere Variablen im soziodemographischen Fragebogen erhoben, darunter u. a. Alter (vgl. Hummel et al., 2007), aktuelles Hungergefühl, Völlegefühl, das Verlangen nach Essen oder den Zeitpunkt der letzten Nahrungsaufnahme. Zusätzlich wurden strenge Ein- bzw. Ausschlusskriterien der Stichprobe (vgl. Kapitel 5.4) definiert.

Um möglich Bildungseinflüsse konstant zu halten, wurden ausschließlich Personen getestet, die zumindest über den Abschluss einer höheren Schule (Matura oder vergleichbarer Abschluss) verfügten. Zusätzlich wurde noch die Schulbildung und die Ausbildung der Eltern erhoben, da Larsson et al. (2004) feststellen konnten, dass der Bildungshintergrund Einfluss auf die Identifikationsfähigkeit hat. Um kulturellen Einflüssen vorzubeugen, wurden ausschließ-

lich Kaukasier untersucht. Auch die entsprechenden Kenntnisse der deutschen Sprache wurden erfragt. Um möglichen Einflussfaktoren einer eventuellen psychischen Erkrankung vorzubeugen, wurde ein kurzes Screening-Interview (SKIDPIT-LIGHT Screeningbogen; Demal, 1999) durchgeführt.

## **5.2 Datenerhebung**

Die vorliegende Untersuchung wurde in Kooperation mit der Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Medizinischen Universität Wien, Priv. Doz. Dr. med. Rupert Lanzenberger, durchgeführt. Vor Beginn der Untersuchung wurde die Studie von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Wien und des Allgemeinen Krankenhauses der Stadt Wien AKH bewilligt.

Die Erhebung der Daten erfolgte im Zeitraum von Juli bis Dezember 2010. Die Testpersonen wurden über Foren verschiedener Studienrichtungen rekrutiert. Um eine repräsentativere Altersverteilung der StudienteilnehmerInnen zu erlangen, wurde versucht, auch Akademiker aus Alumniforen zu rekrutieren. Neben der Veröffentlichung in diversen Internetforen, erfolgte eine weitere Rekrutierung über Mundpropaganda. Dazu wurden auch Studienteilnehmer nach möglichen weiteren Interessenten gefragt.

Die Testung erfolgte in der Lehr- und Forschungspraxis der Fakultät für Psychologie. Der Vorteil eines konstanten Testraums kann darin gesehen werden, dass die Testumgebung für alle Testpersonen ähnlich war. Es wurde seitens der Lehr- und Forschungspraxis ein ruhiger und möglichst geruchsarmer Raum zur Verfügung gestellt. Um eventuelle Einflüsse der Tageszeit möglichst konstant zu halten, wurde darauf geachtet, dass die Testungen möglichst am Nachmittag zwischen 13 und 18 Uhr stattfanden. Nur in wenigen Ausnahmefällen wurden Testungen auch am Vormittag durchgeführt.

Zu Beginn der Testung wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer über den Zweck der Studie in einem Gespräch aufgeklärt. Der Ablauf der Testung wurde kurz besprochen und es wurde darauf hingewiesen, dass die Teilnahme auf Freiwilligkeit basiert und jederzeit seitens der Testperson abgebrochen werden kann. Alle StudienteilnehmerInnen erhielten eine ProbandInneninformation, die eine Einwilligungserklärung enthielt (siehe Anhang A). Wenn

diese von der Testperson unterschrieben wurde, wurde mit der eigentlichen Testung begonnen.

Am Anfang der eigentlichen Testung wurde von allen UntersuchungsteilnehmerInnen ein soziodemographischer Fragebogen ausgefüllt. Dieser diente zur Erhebung der Ein- und Ausschlusskriterien, sowie einiger möglicher Störvariablen. Anschließend wurden die Verfahren zur kognitiven Leistungsfähigkeit, der MWT-B sowie der TMT-A bzw. B vorgelegt. Danach erfolgte das klinische Screening-Interview. Als letztes Verfahren vor der Geruchstestung wurde die PANAS zur Erfassung der aktuellen Stimmung vorgegeben. Direkt im Anschluss daran wurde die Geruchstestung in der empfohlenen Reihenfolge (Hummel, 2004) durchgeführt: Schwellentest, Diskriminationstest, Identifikationstest. Nach jedem Teilttest wurde das entsprechende Ratingverfahren vorgegeben. Am Ende der Untersuchung wurde noch einmal die PANAS vorgelegt. Anschließend wurden die Testergebnisse mit der Testperson besprochen und ein kurzes Nachgespräch in Bezug auf etwaige Schwierigkeiten der Testperson durchgeführt.

Der Ablauf der Zweittestung war ähnlich dem des ersten Testzeitpunkts aufgebaut. Zu Beginn wurde ein kurzer soziodemographischer Fragebogen eingesetzt (siehe Anhang C). Die Verfahren zur kognitiven Leistungsfähigkeit und das klinisch-psychologische Screening wurden nicht vorgegeben. Es folgte die Vorgabe der PANAS. Anschließend wurde die Geruchstestung inklusive der Ratingverfahren durchgeführt. Danach wurde wieder die PANAS vorgelegt. Am Ende der Testung wurden wieder die Testergebnisse besprochen und ein Nachgespräch in Bezug auf etwaige Schwierigkeiten durchgeführt.

### **5.3 Eingesetzte Verfahren**

Im Rahmen dieser Studie wurden verschiedene psychologische Fragebögen vorgegeben. Weiters wurden speziell für diese Untersuchung Skalen und ein soziodemographischer Fragebogen entwickelt. Zur Messung der Riechfähigkeit wurden Sniffin' Sticks der Firma Burghart Medizintechnik verwendet. Alle eingesetzten Verfahren werden im folgenden Abschnitt näher erläutert.

### **5.3.1 Soziodemographischer Fragebogen**

Der Fragebogen zur Erhebung der soziodemographischen Daten wurde eigens für diese Untersuchung erstellt (siehe Anhang B bzw. C). Ziel dieses Verfahrens war eine Erhebung der Ein- und Ausschlusskriterien jeder Teilnehmerin und jedes Teilnehmers. Es wurden soziodemographische Variablen wie Alter, Geschlecht, Kenntnisse der deutschen Sprache, die eigene Schulbildung und die Schulbildung der Eltern erfragt. Außerdem wurden Fragen zur Gesundheit gestellt, z.B. ob derzeit eine psychische oder chronische körperliche Erkrankung vorliegt, oder ob die Testpersonen derzeit an Allergien oder Heuschnupfen leiden. Weiters wurde gefragt, ob die Teilnehmer rauchen und ob bzw. wie viel Alkohol im Regelfall konsumiert wird. Frauen wurden zu ihrem Zyklus befragt. Im Anschluss daran wurden noch Fragen zum aktuellen Hungergefühl, dem Verlangen nach Essen und dem Völlegefühl gestellt.

### **5.3.2 Mehrfachwahlwortschatztest**

Um sicherzustellen, dass etwaige Differenzen in der Erhebung der Riechfähigkeit auf Unterschiede des kognitiven Leistungsniveaus zurückzuführen sind, wurde eine Messung der kristallinen Intelligenz vorgenommen. Da der Wortschatz gemäß Larsson et al. (2004) einen signifikanten Einfluss auf die Geruchsidentifikationsleistung hat, wurde allen teilnehmenden Personen der Mehrfachwahlwortschatztest in der Version B (MWT-B; Lehrl, 1995) vorgegeben. Es handelt sich dabei um ein Verfahren zur Erhebung der kristallinen Intelligenz.

Der MWT-B ist ein Papier-Bleistift-Verfahren im multiple-choice Format. Der Test besteht aus 37 Items, die in aufsteigender Schwierigkeit angeordnet sind. Pro Zeile werden fünf Wörter präsentiert, von denen eines tatsächlich im deutschen Sprachgebrauch existiert, wobei es sich dabei auch um Fremdwörter der Wissenschaftssprache handeln kann. Die anderen vier Wörter sind Neubildungen. Die Testperson erhält die Aufgabe, herauszufinden, ob eines der fünf Wörter existiert. Dieses soll gegebenenfalls unterstrichen werden.

Das Verfahren ist aufgrund seiner simplen Struktur sehr schnell und einfach durchzuführen. Die Vorgabe kann in Einzel- oder Gruppentestungen erfolgen.

Die Testung dauert etwa fünf Minuten. Auch die Testauswertung ist schnell durchführbar. Es wird dazu ein Summenscore der korrekten Antworten gebildet. Dieser kann mit den Daten einer umfangreichen Normstichprobe verglichen werden. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die Ergebnisse nicht mit der Normstichprobe verglichen, da hier lediglich ein Vergleich der einzelnen Versuchsgruppen erforderlich war.

### **5.3.3 Trailmaking Test**

Der Trailmaking Test (TMT; Reitan, 1959) ist ein neuropsychologischer Test, der die Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit, die Exekutivfunktionen und die kognitive Flexibilität misst. Das Verfahren besteht aus zwei Teilen. Im Teil A hat die Testperson die Aufgabe, die Zahlen von 1 bis 25 in aufsteigender Reihenfolge so schnell wie möglich zu verbinden. Die Zahlen sind zufällig am Testbogen angeordnet. Der Stift soll während der Aufgabe nicht abgesetzt werden. Dabei wird die Zeit gemessen. Teil B ist ähnlich aufgebaut wie Teil A. Dabei sollen abwechselnd die Zahlen von 1 bis 13 und die Buchstaben von A bis L in aufsteigender Reihenfolge so schnell wie möglich verbunden werden (1 – A – 2 – B – 3 – C etc.). Auch hier sind die Zahlen und Buchstaben zufällig über den Testbogen verteilt. Zur Testauswertung werden Prozentränge separat für die beiden Teile angegeben, wobei die Zeit in Sekunden für verschiedene Altersgruppen vorliegt. Angaben zur Reliabilität werden nicht gegeben. Aufgrund der standardisierten Vorgabe kann von einer entsprechenden Objektivität ausgegangen werden.

### **5.3.4 SKIDPIT-LIGHT Screeningbogen**

Um eventuelle psychische Erkrankungen ausschließen zu können, wurde der SKIDPIT-LIGHT Screeningbogen (Demal, 1999) vorgegeben. Dabei werden der Testperson 22 Fragen zu den einzelnen Sektionen des Strukturierten Klinischen Interviews nach DSM-IV (SKID I; Wittchen & Hoyer, 1997) gestellt. Im SKID I werden psychische Erkrankungen wie z.B. Affektive Störungen, Essstörungen oder Substanzmissbrauch erfragt. Der Vorteil des Screeningbogens im Vergleich zum SKID I ist die deutlich verkürzte Durchführungsdauer. Bei Verdacht auf eine psychische Erkrankung nach DSM-IV wird im Screeningbogen auf die relevante Sektion der Langform des SKID I verwiesen.

### 5.3.5 Positive and Negative Affect Schedule

Die Positive and Negative Affect Schedule (PANAS; Watson, Clark & Tellegen, 1988) ist ein Verfahren zur Erhebung der Stimmung. Der Fragebogen besteht aus 20 Adjektiven, die Stimmungen beschreiben. Die Testperson wird aufgefordert, auf einer fünfstufigen Skala von 1 gar nicht bis 5 extrem anzugeben, wie stark dieses Adjektiv in der aktuellen Situation auf sie zutrifft. In der vorliegenden Untersuchung war ausschließlich die aktuelle Stimmung von Interesse, daher wurde in der Instruktion angeführt, dass die Person angeben soll, wie sie sich während der letzten Minuten gefühlt hat. Der Vorteil dieses Verfahrens ist die einfache Durchführung und die kurze Durchlaufdauer. Zur Auswertung wird ein Summenscore für die 10 positiven (PANAS-pos) und die 10 negativen Stimmungen (PANAS-neg) gebildet.

### 5.3.6 Sniffin' Sticks

Die Sniffin' Sticks der Firma Burghart Medizintechnik GmbH sind Filzstifte, die mit verschiedenen Düften gefüllt sind (Hummel, Sekinger, Wolf, Pauli & Kobal, 1997). Entsprechend der Bedienungsanleitung (Hummel, 2004) wird zur Präsentation der Gerüche die Kappe abgenommen und der Stift in etwa 2 cm Entfernung mittig unter die Nase gehalten. Dabei ist genau darauf zu achten, dass die Haut der Testperson nicht berührt wird, da sonst die Genauigkeit der Messung nicht mehr gewährleistet werden kann. Die Vorgabedauer pro Stift sollte etwa 3 Sekunden betragen. Durch das Wort *Achtung* wird die Testperson zum Riechen aufgefordert. Es ist wichtig, dass die Untersuchung nicht gestört wird. Die Testperson erhält erst am Ende der Testung eine Rückmeldung über richtige oder falsche Antworten. Die Geruchstestung besteht aus drei Teiltests: Schwellentest für n-Butanol<sup>14</sup>, Geruchsdiskrimination und Geruchsidentifikation. Diese Testreihenfolge sollte immer eingehalten werden. Zwischen den Tests sollte eine Pause von ca. drei Minuten liegen.

Hummel (2004) weist darauf hin, dass die Testung in einem ruhigen, gut belüfteten und möglichst geruchsneutralen Raum stattfinden soll. Während der Testung sollten vom Testleiter geruchsneutrale Handschuhe getragen wer-

---

<sup>14</sup> N-Butanol ist ein Lösungsmittel, das in Farben und Lacken, sowie Reinigungsmitteln vorkommt.

den. Es ist bei der Vorgabe der Stifte darauf zu achten, dass der Stift immer nur zur Vorgabe geöffnet ist. Unmittelbar danach sollte er wieder verschlossen werden, da sich die Testperson sonst an den Geruch gewöhnt. Außerdem führt eine zu lange Freisetzung der Duftstoffe zu einer starken Geruchsbelastung im Raum, welche die Messung beeinflussen kann.

Die Testperson darf 15 Minuten vor der Untersuchung nichts anderes als Wasser trinken. Damit möglichst aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden, darf direkt vor der Testung nichts gegessen werden. Auch Kaugummis oder Bonbons sollten nicht konsumiert werden (Hummel, 2004).

Mit der **Schwellentestung**<sup>15</sup> wird gemessen, ab welcher Konzentration ein Duftstoff wahrgenommen wird. In diesem Fall wurde die Wahrnehmungsschwelle für den Duftstoff n-Butanol gemessen. Der Schwellentest besteht aus 16 Triplets an Stiften, wobei die Verdünnungsstufe 1 die höchste und Stufe 16 die niedrigste Konzentration von n-Butanol enthält. Jedes Triplet enthält einen Stift mit einer bestimmten Konzentration an n-Butanol, die anderen beiden enthalten ein geruchsneutrales Lösungsmittel. Zuerst wird der Testperson der Geruch n-Butanol in der stärksten Konzentration vorgegeben, um die ProbandInnen mit dem Geruch vertraut zu machen. Die eigentliche Testung findet dann mit verbundenen Augen statt. Die Testperson hat die Aufgabe, den Stift herauszufinden, der nach n-Butanol riecht. Je Triplet darf jeder Stift nur einmal präsentiert werden. In jedem Triplet ändert sich die Reihenfolge der Stifte, beim ersten ist Stift Nr. 1 der gesuchte Geruch, beim zweiten Stift Nr. 2, dann Stift Nr. 3, beim vierten Triplet wird der gesuchte Duft wieder als erster Stift angeboten. Die Triplets werden in einem Intervall von 30 Sekunden dargeboten. Um valide Untersuchungsergebnisse zu erhalten, sollte dieses möglichst genau eingehalten werden.

Zu Beginn der Schwellentestung wird der Startpunkt ermittelt. Dazu werden der Testperson Triplets in den Verdünnungsstufen 16, 14, 12 etc. so lange präsentiert, bis eine Stufe zwei Mal richtig erkannt wird. Die zweite Präsentation einer Stufe erfolgt nur dann, wenn diese bei der ersten Vorgabe richtig erkannt wurde. Eine Stufe gilt als erkannt, wenn die Testperson zwei Mal den

---

<sup>15</sup> Beschreibung der Vorgehensweise für die drei Teilttests entsprechend der Bedienungsanleitung (Hummel, 2004).



richtigen Stift erkennt. Ausgehend vom Startpunkt wird die nächsthöhere Verdünnungsstufe (niedrigere Konzentration) angeboten. Wird diese wieder erkannt, folgt die nächste Konzentration, so lange bis eine Stufe nicht mehr zwei Mal hintereinander richtig erkannt wird. Damit ist der erste Wendepunkt ermittelt. Dann werden wieder niedrigere Verdünnungsstufen, also mit höherer Duftstoffdosierung angeboten. Wenn eine Stufe zwei Mal richtig erkannt wird, erhält man den nächsten Wendepunkt. Dann wird wieder die nächsthöhere Verdünnungsstufe präsentiert, etc. Diese Prozedur wird so lange fortgeführt, bis sieben Wendepunkte erreicht sind (siehe Anhang F). Die einzelnen Antworten werden auf einem Protokollbogen notiert. Die Schwelle errechnet sich aus dem Mittelwert der letzten vier Wendepunkte. Es können Werte zwischen 0 und 16 erreicht werden, wobei höhere Werte eine niedrigere, also sensitivere Wahrnehmungsschwelle anzeigen.

Der **Diskriminationstest** beantwortet die Frage, wie gut Gerüche unterschieden werden können. Der Test besteht wieder aus 16 Triplets, wobei jeweils zwei Stifte denselben Duftstoff enthalten und ein Stift einen anderen Geruch enthält. Die Gerüche variieren je nach Triplet (siehe Anhang F). Auch hier darf jeder Stift nur einmal präsentiert werden. Auch wenn sich die Testperson unsicher ist, muss sie eine Entscheidung treffen. Wie bei der Schwellentestung wird auch hier die Reihenfolge des gesuchten Stifts verändert. Die Testung erfolgt wieder mit verbundenen Augen. Die Testperson hat die Aufgabe, den Stift herauszufinden, der anders riecht. Jede Antwort wird auf einem Protokollbogen notiert. Zur Auswertung werden die richtig beantworteten Items addiert. Es können Testwerte zwischen 0 und 16 erreicht werden. Auch hier ist ein Intervall von 30 Sekunden zwischen dem ersten Stift eines Triplets und dem ersten Stift des nächsten Triplets einzuhalten.

Mit dem **Identifikationstest** wird der Frage nachgegangen, wie gut Gerüche erkannt und benannt werden. Der Testperson werden insgesamt 16 Stifte mit unterschiedlichen Gerüchen präsentiert. Zu jedem Stift werden vier Antwortmöglichkeiten schriftlich vorgegeben. Die Testperson hat die Aufgabe, den Begriff auszuwählen, der dem Geruch des Stifts entspricht. Auch hier muss eine Entscheidung getroffen werden, selbst wenn die Testperson der Meinung ist, dass keine der Antwortmöglichkeiten passt. Dieser Test ist der ein-

zige, der nicht mit verbundenen Augen durchgeführt wird. Die einzelnen Stifte werden in einem Intervall von 30 Sekunden vorgegeben. Die Antworten der Probandin/ des Probanden werden notiert. Anschließend wird ein Summenscore über die richtigen Antwortengebildet, dieser kann zwischen 0 und 16 liegen.

Entsprechend der Bedienungsanleitung der Sniffin' Sticks (Hummel, 2004) wird zur Auswertung zusätzlich ein Gesamtscore (SDI) gebildet, indem die Punkte aller drei Teilttests addiert werden. Falls eine Testperson eine Schwelle von 1,0 hat, das bedeutet, dass keine Verdünnungsstufe richtig erkannt werden konnte, werden die Werte des Diskriminations- und des Identifikationstests addiert. Ist der Wert kleiner als 15, so liegt eine Anosmie vor. Wenn der Schwellenwert über 1,0 liegt, werden alle drei Teilttests addiert. Ab einem Wert von 30,0 gilt die Testperson als normosisch, darunter liegt eine Hyposmie vor.

Der Vorteil dieses Testverfahrens ist, dass es eine sehr umfangreiche Normierungsstichprobe mit Vergleichsdaten bezüglich Alter und Geschlecht gibt. Die Bedienungsanleitung gibt das exakte Prozedere vor. Wenn sich der Testleiter an dieses hält, kann von einem validen Testresultat ausgegangen werden. Auch die Retestrelabilität ist mit Werten zwischen 0,54 und 0,73 höher als bei anderen Verfahren zur Messung der Riechfähigkeit (Hummel et al., 1997).

Dennoch sind auch Kritikpunkte dieses Testverfahrens anzumerken. Die Aufgabenstellung der Schwellentestung lautet: *Welcher dieser Stifte riecht anders?* und nicht: *Welcher dieser Stifte riecht nach n-Butanol?* Da die beiden anderen Stifte nicht vollkommen geruchsneutral sind, identifizieren manche Testpersonen den gesuchten Stift nicht durch das Erkennen von n-Butanol, sondern durch die Abwesenheit des Geruchs der beiden Distraktoren. Die zeitlichen Abstände sowie die Entfernung des Stifts zur Nase müssen unbedingt bei allen Tests eingehalten werden, da sonst die Ergebnisse verzerrt sein könnten. Ein weiterer Kritikpunkt ist die Verwendung von n-Butanol beim Schwellentest. Dieser Duftstoff aktiviert neben den olfaktorischen Rezeptorzellen auch das trigeminale System. Obwohl Croy et al. (2009) festgestellt haben, dass die beiden Gerüche n-Butanol und Phenylethylalkohol (PEA)

ähnlich gut hyposmische von unbeeinträchtigten Personen diskriminieren, wäre es hier besser, einen Duftstoff wie PEA einzusetzen. Dieser Duftstoff besetzt keine trigeminale Komponente. Dadurch können Unterschiede im Schwellentest besser auf die olfaktorische Leistung zurückgeführt werden.

Zur Aufzeichnung der Daten steht einerseits ein mit den Riechstiften mitgelieferter Protokollbogen zur Verfügung. Eine weitere Möglichkeit ist ein Computerprogramm, FileMaker Pro (AT&T Laboratories Cambridge, UK; Olfactory testing using the Sniffin Sticks; OLAF), welches speziell zur Datenerhebung mit Sniffin' Sticks entwickelt wurde. Der Vorteil der Verwendung des Computerprogramms ist die automatische Ausgabe eines Auswertungsblatts (siehe Anhang F), in dem die Werte der einzelnen Teilttest sowie die Gesamtpunkteanzahl ausgewiesen wird. Auch eine genaue Analyse der richtigen/falschen Antworten wird ausgegeben. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit der randomisierten Vorgabe der 16 Tripletts des Diskriminationstests und der verschiedenen Gerüche des Identifikationstests. So kann ein Einfluss der Vorgabereihenfolge ausgeschlossen werden.

### **5.3.7 Rating zu Schwellen-, Diskriminations- und Identifikationstest**

Als Ratingverfahren wurden Analogskalen entworfen, die eine Länge von genau 10 cm aufwiesen. Zur Auswertung wurden diese in Millimeter abgemessen, womit sich Werte von 0 bis 100 ergaben. Die Testpersonen wurden angewiesen, ihre subjektive Empfindung auf den entsprechenden Skalen jeweils mit einem vertikalen Strich zu markieren.

Zur Bewertung des Gefühls, der Aufgeregtheit und der Konzentration während der einzelnen Teilttests wurde eine Analogskala entworfen (siehe Anhang D und E). Zur Fragestellung: *Wie haben Sie sich während des Tests gefühlt?* wurde einerseits eine Skala mit den beiden Enden *negativ* vs. *positiv* und eine weitere Skala mit den beiden Extrempunkten *ruhig* und *aufgereggt* vorgelegt. Zur dritten Skala wurde die Frage: *Wie konzentriert waren Sie während des Tests?* gestellt. Hier wurden die beiden Gegensätze *unkonzentriert* und *sehr konzentriert* angeboten.

Im Rahmen der Schwellentestung wurde außerdem noch die hedonische Bewertung von n-Butanol für überschwellige Reize erhoben. Jeder Testperson wurde dazu die Konzentration angeboten, die drei Stufen über der ermittelten Schwelle lag. Zusätzlich wurde immer auch die höchste Konzentration zur Beurteilung vorgegeben. Zur Bewertung wurden für beide Konzentrationen Analogskalen vorgelegt (siehe Anhang D), welche die beiden Endpunkte *unangenehm* und *angenehm* enthielten. Weiters wurde für diese beiden präsentierten Verdünnungsstufen von n-Butanol auch die subjektiv empfundene Intensität der Gerüche erhoben. Dazu wurden ebenfalls Analogskalen vorgegeben (siehe Anhang D). Hier wurden die beiden Endpunkte *sehr schwach* und *sehr stark* angeboten.

## 5.4 Beschreibung der Stichprobe

Die Stichprobe besteht aus 82 Personen, wobei 2 Personen nachträglich ausgeschlossen wurden. Eine Person wurde aufgrund der Einnahme von Psychopharmaka ausgeschlossen, eine weitere Person absolvierte nur die erste Testung, daher konnten auch diese Daten nicht verwertet werden.

Die Größe der hier eingesetzten Stichprobe von 20 Personen pro Versuchsgruppe wurde aufgrund einer Power Calculation mit dem Power Calculator des Instituts für Medizinische Statistik (2010) festgelegt.

Die Stichprobe setzt sich somit aus 80 Personen zusammen, davon sind 60 weiblich und 20 männlich. Von den 60 Testteilnehmerinnen verwendeten 20 orale Kontrazeptiva. Die übrigen 40 Teilnehmerinnen setzten keine hormonellen Verhütungsmittel ein. Zur Ersttestung wurden jeweils 20 Frauen in der Follikulärphase und 20 in der Lutealphase getestet.

Alle Testpersonen entsprachen strengen Ein- und Ausschlusskriterien. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren Nichtraucher. Als Nichtraucher wurden Personen definiert, die maximal acht Zigaretten pro Monat rauchten. Weitere Ausschlusskriterien waren akute psychische Erkrankungen, eine derzeitige Beeinträchtigung der Riechfähigkeit, worunter auch Erkältungen zu zählen sind, Verletzungen oder Operationen im Kopf- bzw. Nasen- oder Rachenbereich, Einnahme von Psychopharmaka, Heuschnupfen, aktuelle Ver-

wendung von Nasensprays, mangelnde Kenntnis der deutschen Sprache, Drogen- oder Alkoholmissbrauch und bei Frauen eine vorliegende Schwangerschaft und ein unregelmäßiger Zyklus. Um kulturell bedingte Unterschiede ausschließen zu können, wurden im Rahmen dieser Untersuchung ausschließlich Kaukasier getestet.

Um altersbedingte Einflüsse auf die Riechfähigkeit ausschließen zu können, wurden ausschließlich Personen im Alter von 18 bis 44 Jahren untersucht. Die Stichprobe (MÄNN: MW = 27.10, SD = 5.95; PILL: MW = 25.0, SD = 3.16; FOLL: MW = 28.15, SD 6.50, LUT: MW = 25.95, SD = 4.43; siehe Abb. 7) zeigten keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich ihres Alters ( $\chi^2 = 2.514$ ,  $p = 0.473$ ). Da die Homogenität der Varianzen nicht gegeben ist ( $p = 0.014$ ), wurde hier keine Varianzanalyse eingesetzt, sondern auf den nichtparametrischen Kruskal-Wallis-Test zurückgegriffen.

Um die Bildungskomponente möglichst konstant zu halten, wurden ausschließlich Personen mit mindestens einem Maturaabschluss untersucht. In der Verteilung der Akademiker, Studenten und Maturaabsolventen zeigte sich zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied ( $\chi^2 = 4.812$ ,  $p = 0.186$ ). Auch im gesamten Bildungshintergrund, der neben der eigenen Bildung auch die Ausbildung der Eltern berücksichtigte, konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen gefunden werden ( $\chi^2 = 5.703$ ,  $p = 0.127$ ).

Da sich auch das aktuelle Hungergefühl auf die Riechfähigkeit auswirken kann, wurden das Hungergefühl, das Verlangen nach Essen und das Völlegefühl erhoben. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den vier Gruppen in Bezug auf das berichtete Völlegefühl ( $F = 2.592$ ,  $p = 0.059$ ) gefunden werden. Es zeigte sich allerdings der Trend, dass Frauen in der Follikulärphase und Pilleverwenderinnen über ein größeres Hungergefühl berichteten als Männer und Frauen in der Lutealphase. In Bezug auf das Hungergefühl ( $\chi^2 = 10.004$ ,  $p = 0.019$ ) und das Verlangen nach Essen ( $\chi^2 = 8.639$ ,  $p = 0.034$ ) zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen, wobei die Pilleverwenderinnen und die Frauen in der Follikulärphase signifikant weniger Verlangen nach Essen zeigten als die Männer und die Frauen in der Lutealphase. Allerdings hat sich gezeigt, dass weder das Verlangen nach

Essen noch das aktuelle Hungergefühl mit den Ergebnissen des Geruchstests korrelierten (siehe S. 85f).

Alle teilnehmenden Personen wurden angewiesen, am Tag der Testung kein Parfum zu tragen und keine sehr scharfen Lebensmittel, wie z.B. Chili oder Zwiebel zu sich zu nehmen.

## **5.5 Statistische Verfahren**

Zur Auswertung der erhobenen Daten wurde das Programm SPSS (Statistical Packages for the Social Sciences), Version 18.0 verwendet. Die zur Anwendung gekommenen Analyseverfahren werden hier näher erläutert. Das Signifikanzniveau zur Überprüfung der statistischen Hypothesen wurden auf  $\alpha = 0.05$  festgelegt.

### **5.5.1 Voraussetzungsüberprüfungen**

Um möglichst zuverlässige Ergebnisse zu erhalten, müssen die erhobenen Daten einige Voraussetzungen erfüllen (vgl. Field, 2005). Eine bedeutende Voraussetzung für die meisten statistischen Verfahren ist eine Normalverteilung der Daten innerhalb der einzelnen Versuchsgruppen. Zur Überprüfung stellt SPSS den Kolmogorov-Smirnov-Test (K-S-Test) zur Verfügung. Auch hier wird ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 0.05$  angenommen.

Als weitere Voraussetzung für die Verwendung parametrischer Verfahren gilt die Homogenität der Varianzen, welche mittels Levene-Test überprüft wird. Varianzanalytische Verfahren setzen für abhängige Variablen zumindest intervallskalierte Daten voraus, wovon bei der Geruchstestung sowie bei den Analogskalen ausgegangen werden kann. Die unabhängigen Variablen müssen nominalskaliert sein. Die vierte Voraussetzung für eine einfaktorielle Varianzanalyse ist die Unabhängigkeit der einzelnen Datensätze. Wenn zumindest eine dieser Voraussetzungen verletzt ist, sollte auf das entsprechende nicht-parametrische Verfahren ausgewichen werden.

Zur Auswertung der Daten zwischen den beiden Testzeitpunkten wird eine Varianzanalyse mit Messwiederholung eingesetzt. Diese erfordert neben den oben genannten allgemeinen Voraussetzungen der Varianzanalyse noch die

Sphärizität. Die Sphärizität entspricht in etwa der Voraussetzung der Homogenität der Varianzen. Sphärizität meint, dass die Varianz der Unterschiede gleich ist (Field, 2005). In SPSS wird diese durch den Mauchly Test überprüft. Bei Verletzung der Sphärizität kann auf Korrekturverfahren wie z.B. Greenhouse-Geißer oder Huynh-Feldt zurückgegriffen werden.

### 5.5.2 Überprüfung der Unterschiedshypothesen

Zur Überprüfung, ob sich zwei Stichproben hinsichtlich ihrer Mittelwerte unterscheiden, kann ein t-Test eingesetzt werden. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung kommt ein **t-Test für unabhängige Stichproben** zum Einsatz. Zur Überprüfung der Fragestellung, ob sich Frauen in verschiedenen Zyklusphasen unterscheiden, wird ein **t-Test für abhängige Stichproben** eingesetzt, da hier die Messungen beider Testzeitpunkte gemeinsam ausgewertet werden. Da auch der t-Test eine Normalverteilung der Daten, eine Varianzhomogenität und intervallskalierte Daten voraussetzt, muss bei einer Verletzung dieser Voraussetzungen auf nichtparametrische Verfahren ausgewichen werden. Im Falle des t-Tests für unabhängige Stichproben ist das der **Mann-Whitney-U-Test**, bei abhängigen Stichproben der **Wilcoxon-Test** (vgl. Field, 2005).

Um zu überprüfen, ob sich mehrere Gruppen in einer abhängigen Variable unterscheiden, wird eine **einfaktorielle Varianzanalyse** durchgeführt. Bei einer Verletzung der Voraussetzungen für eine Varianzanalyse kann auf den nicht-parametrischen **Kruskal-Wallis-Test** ausgewichen werden. Um zu untersuchen, ob es Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen zu den beiden Testzeitpunkten gibt, wird eine **Varianzanalyse mit Messwiederholung** durchgeführt. Signifikante Ergebnisse einer Varianzanalyse sagen aus, dass es zwischen mindestens zwei Gruppen Unterschiede gibt, die mit einer vorher festgelegten Wahrscheinlichkeit, in diesem Fall 95 Prozent, nicht zufällig sind. Um genauer zu untersuchen, welche Gruppen sich unterscheiden, werden post hoc Tests eingesetzt (z.B. Bonferroni oder Scheffé). Durch die multiple Auswertung kommt es zu einer Alpha-Fehler-Kumulierung. Daher werden die Ergebnisse einer Bonferroni-Korrektur unterzogen (Field, 2005).

### 5.5.3 Überprüfung von Zusammenhangshypothesen

Um Zusammenhänge zwischen zwei Variablen zu analysieren, wird eine **Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson** eingesetzt. Diese setzt normalverteilte und intervallskalierte Daten voraus. Ist eine dieser Voraussetzungen nicht erfüllt, wird eine **Rangkorrelation nach Spearman** verwendet. Zusammenhänge und deren Richtung werden mit dem Korrelationskoeffizienten angegeben. Dieser Wert kann zwischen  $-1$  und  $1$  liegen. Durch das Vorzeichen zeigt sich die Richtung des Zusammenhangs. (Field, 2005).

### 5.5.4 Effektstärken

Um nicht nur die statistische Signifikanz, sondern auch die Relevanz der erzielten Ergebnisse zu untersuchen, werden Effektstärken angegeben. Bei Varianzanalysen wird dazu das **partielle  $\eta^2$**  ( $\eta_p^2$ ) angegeben. Durch diesen Wert wird Aufklärung der Varianz durch die UV angegeben. Die Werte dieses Parameters liegen zwischen 0 und 1, wobei ein Wert von ca. 0.1 einem kleinen, ca. 0.24 einem mittleren und ca. 0.37 einem großen Effekt entspricht (Bortz & Döring, 2006).

Das partielle  $\eta^2$  kann nur für Varianzanalysen errechnet werden. Bei Mittelwertsvergleichen zwischen zwei gleich großen Stichproben wird alternativ dazu **Cohen's d** angegeben. Dabei entsprechen Werte von ca. 0.2 kleinen Effekten. Werte um 0.5 stellen mittlere und um 0.8 große Effekte dar (Bortz & Döring, 2006).



## 6 Statistische Datenauswertung

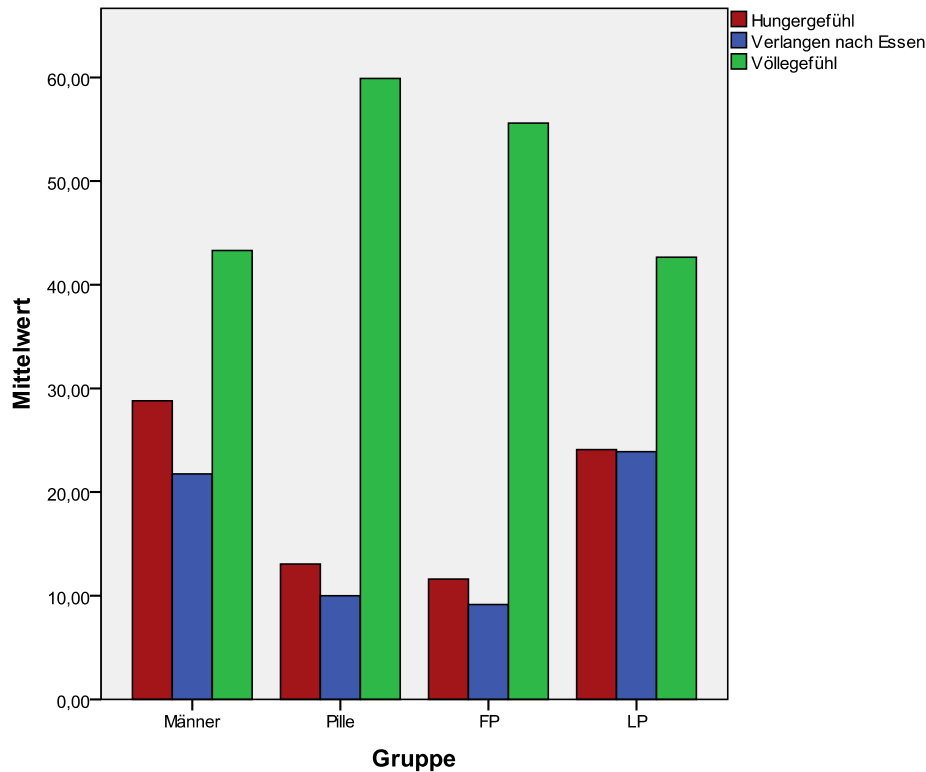
Das klinisch-psychologische Screening zeigte bei keiner Teilnehmerin bzw. keinem Teilnehmer Anzeichen einer psychischen Erkrankung. Die psychologischen Verfahren zur kognitiven Leistungsfähigkeit und zur Erhebung der positiven Stimmung zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (siehe Tabelle 4). Da für die Variablen TMT-A, B die Normalverteilung bzw. für die Variable PANAS-neg die Homogenität der Varianzen nicht gegeben war, wurde für diese das entsprechende nichtparametrische Verfahren, der Kruskal-Wallis-Test eingesetzt. Die Variablen MWT-B und PANAS-pos alle Voraussetzungen zum Einsatz einer Varianzanalyse erfüllten, wurde diese auch eingesetzt.

Gruppe	Männer	Pille	FP	LP	p
	MW (SD)	MW (SD)	MW (SD)	MW (SD)	
<b>MWT-B</b>	27.55 (3.859)	28.05 (3.517)	28.45 (3.300)	28.10 (2.989)	0.873
<b>TMT-A</b>	86.25 (6.664)	89.25 (3.354)	89.25 (3.354)	87.00 (6.156)	0.151
<b>TMT-B</b>	87.00 (6.156)	87.75 (5.495)	87.75 (5.495)	88.50 (4.617)	0.856
<b>PANAS-pos</b>	30.75 (4.954)	31.70 (3.961)	32.10 (6.078)	33.50 (5.336)	0.403
<b>PANAS-neg</b>	14.05 (4.893)	11.45 (2.328)	12.10 (2.989)	11.15 (1.301)	0.064

**Tabelle 4:** Übersicht über die Unterschiede in den psychologischen Testverfahren

Die Bewertung des aktuellen Hunger- bzw. Völlegefühls der einzelnen Gruppen zeigten teilweise Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen (siehe Abb. 7). Ein ähnliches Bild zeigte sich im Vergleich des Verlangens nach Essen (siehe Abb. 7). In Bezug auf das Völlegefühl zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen ( $F = 2.592$ ,  $p = 0.059$ , n.s.).

Es zeigte sich allerdings keine Korrelation zwischen den Variablen Hungergefühl ( $r = 0.106$ ,  $p = 0.347$ , n.s.), Verlangen nach Essen ( $r = 0.104$ ,  $p = 0.359$ , n.s.) bzw. Völlegefühl ( $r = -0.006$ ,  $p = 0.961$ , n.s.) und den Ergebnissen des Geruchstests – das müssten doch mehrere Korrelationen sein.



**Abb. 7:** Übersicht über Hunger, Verlangen nach Essen und Völlegefühl zwischen den Gruppen

Die Gruppen unterschieden sich nicht in der Bewertung ihres subjektiven Befindens während der einzelnen Teiltastungen (siehe Tabelle 5)

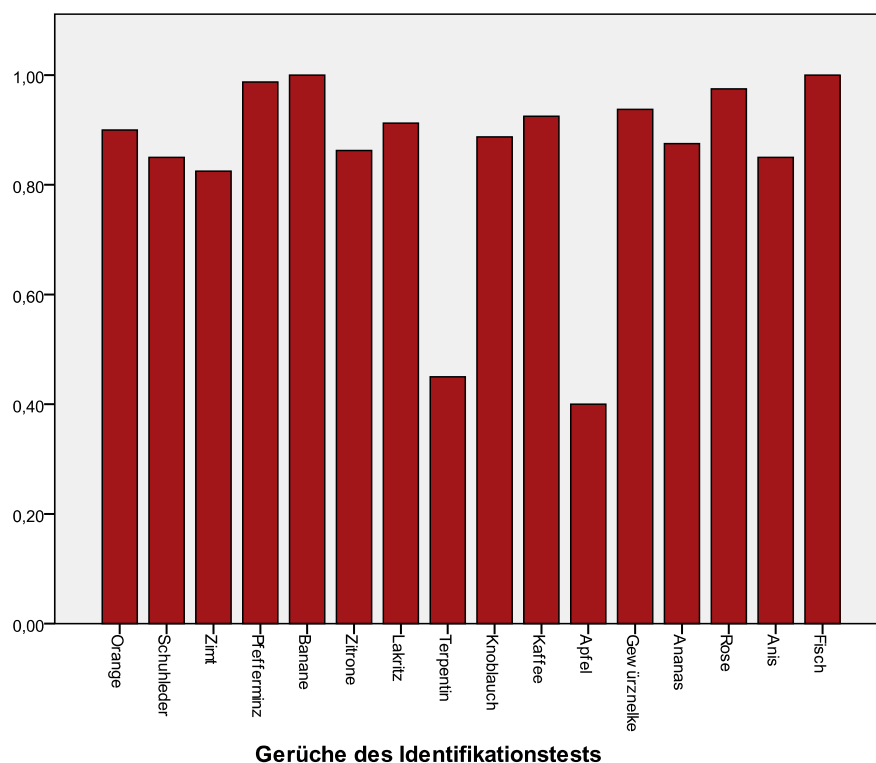
	F (df)	p
<b>Befinden</b> <sub>Schwelle</sub>	0.592 (3,76)	0.622
<b>Aufregung</b> <sub>Schwelle</sub>	2.230 (3,76)	0.092
<b>Konzentration</b> <sub>Schwelle</sub>	1.387 (3,76)	0.253
<b>Befinden</b> <sub>Diskrimination</sub>	0.246 (3,76)	0.864
<b>Aufregung</b> <sub>Diskrimination</sub>	0.541 (3,76)	0.656
<b>Konzentration</b> <sub>Diskrimination</sub>	0.414 (3,76)	0.744
<b>Befinden</b> <sub>Identifikation</sub>	0.706 (3,76)	0.522
<b>Aufregung</b> <sub>Identifikation</sub>	0.290 (3,76)	0.832
<b>Konzentration</b> <sub>Identifikation</sub>	0.616 (3,76)	0.607

**Tabelle 5:** Übersicht über die Gruppenunterschiede im Befinden, der Aufregung und der Konzentration in den drei Geruchstests

Mit einer Varianzanalyse mit Messwiederholung wurde untersucht, ob es Unterschiede zwischen den drei Geruchstests im subjektiven Befinden, der Aufregung und der Konzentration in der Gesamtstichprobe gibt. Anhand der Angabe des subjektiven Befindens kann festgestellt werden, dass sich die Testpersonen während des Schwellentests signifikant negativer fühlten als wäh-

rend des Diskriminationstests und in diesem wieder signifikant negativer als während des Identifikationstests ( $F_{(2,158)} = 50.660$ ,  $p < 0.001$ ). Die Testpersonen fühlten sich während des Schwellentests und während des Diskriminationstests auch signifikant aufgeregter als während des Identifikationstests ( $F_{(1.707,134.885)} = 3.453$ ,  $p = 0.042$ ; Korrektur nach Huynh-Feldt, aufgrund der Verletzung der Sphärizität). In Bezug auf die Selbsteinschätzung der Konzentration zeigte sich kein Unterschied zwischen den einzelnen Teilttests ( $F_{(2,158)} = 0.818$ ,  $p = 0.443$ ).

Im Rahmen der Untersuchung hat sich gezeigt, dass beim Diskriminationstest am Beginn und in der Mitte deutlich mehr Fehler gemacht werden als am Ende der Testung ( $F = 4.278$ ,  $p = 0.016$ ). Daher ist eine Vorgabe nach Zufallsreihenfolge von großer Wichtigkeit. Weiters hat sich gezeigt, dass bei manchen Triplets des Diskriminationstests<sup>16</sup> mehr Fehler gemacht werden als bei anderen ( $F = 4.921$ ,  $p < 0.001$ ). Auch beim Identifikationstest hat sich gezeigt, dass bestimmte Stifte schlechter erkannt werden ( $F = 25.741$ ,  $p < 0.001$ ). Bei den Gerüchen Terpentin und Apfel ist die Fehlerhäufigkeit deutlich höher als bei anderen Duftstoffen (siehe Abb. 8).



**Abb. 8:** Übersicht richtigen Antworten in Prozent pro Duftstoff des Identifikationstests

<sup>16</sup> Eine Auflistung der eingesetzten Duftstoffe befindet sich in Anhang G

Da das Kriterium der Nichtraucher auf maximal acht Zigaretten pro Monat fixiert wurde, wurde ebenfalls untersucht, ob sich die Gruppen hinsichtlich der Aufteilung der Personen die weniger als acht Zigaretten pro Monat rauchten und der strikten Nichtraucher unterschieden. Zwischen den Versuchsgruppen konnten kein signifikanter Unterschied in Bezug auf das Rauchen festgestellt werden ( $\chi^2 = 0.283$ ,  $p = 0.963$ , n.s.). Auch in Bezug auf den Alkoholkonsum (Einteilung siehe Anhang B) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen ( $\chi^2 = 7.656$ ,  $p = 0.054$ , n.s.).

Im Folgenden werden die Ergebnisse der in Kapitel 4.1 formulierten statistischen Hypothesen detailliert beschrieben.

## 6.1 Geschlechtsunterschiede

Da die Daten des Diskriminationstests und des Identifikationstests nicht normalverteilt waren, wurde für diese beiden Variablen auf das nichtparametrische Verfahren Mann-Whitney-U-Test eingesetzt. Die Daten den Schwellentests und des SDI-Werts wurden mit einem t-Test für unabhängige Stichproben ausgewertet.

Entsprechend der Arbeit von Larsson et al. (2004) wird von Geschlechtsunterschieden in der Geruchswahrnehmung ausgegangen. In der vorliegenden Untersuchung konnten allerdings keine signifikanten Geschlechtsunterschiede im Gesamtscore der Riechfähigkeit festgestellt werden ( $t = -0.839$ ,  $p = 0.404$ , n.s.).

Betrachtet man die einzelnen Teilttests, zeigten sich signifikante Unterschiede im Diskriminationstest ( $U = 288.50$ ,  $p < 0.001$ ,  $d = 0.22$ ) und im Identifikationstest ( $U = 408.00$ ,  $p = 0.028$ ,  $d = 0.14$ ). Wobei Frauen sowohl im Diskriminationstest als auch im Identifikationstest bessere Leistungen zeigten. Der Schwellentest zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen ( $t = 1.665$ ,  $p = 0.100$ , n.s.).

Die Ratingverfahren zeigten in der Bewertung der Intensität von n-Butanol keine signifikanten Geschlechtsunterschiede, weder in der Bewertung der Verdünnungsstufe drei Stufen über der ermittelten Schwelle ( $t = -1.954$ ,

$p = 0.054$ , n.s.) noch in der höchsten Konzentration von n-Butanol ( $t = -1.766$ ,  $p = 0.081$ , n.s.).

Die hedonische Bewertung von n-Butanol (siehe Abb. 10) zeigte in der Verdünnungsstufe drei Stufen über der Schwelle keine signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen ( $t = 0.409$ ,  $p = 0.683$ , n.s.). In der Bewertung der höchsten Stufe von n-Butanol zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern. Frauen bewerteten den Geruch weniger angenehm als Männer ( $t = 2.299$ ,  $p = 0.024$ ,  $d = 0.14$ ).

Es zeigte sich kein signifikanter Geschlechtsunterschied in der Angabe des subjektiven Befindens, der Selbsteinschätzung der Konzentration und der Bewertung der Aufregung während der einzelnen Teile des Geruchstests (siehe Tabelle 6).

	Männer	Frauen	t (p)
	MW (SD)	MW (SD)	
<b>Befinden</b> <sub>Schwelle</sub>	52.900 (20.329)	59.283 (19.486)	-1.255 (0.213)
<b>Aufregung</b> <sub>Schwelle</sub>	33.950 (19.774)	34.150 (22.702)	-0.035 (0.972)
<b>Konzentration</b> <sub>Schwelle</sub>	73.000 (11.567)	78.600 (14.609)	-1.557 (0.124)
<b>Befinden</b> <sub>Diskrimination</sub>	67.800 (15.555)	71.667 (18.003)	-0.859 (0.393)
<b>Aufregung</b> <sub>Diskrimination</sub>	32.000 (24.127)	30.850 (23.004)	0.191 (0.849)
<b>Konzentration</b> <sub>Diskrimination</sub>	75.700 (14.198)	78.567 (16.374)	-0.700 (0.486)
<b>Befinden</b> <sub>Identifikation</sub>	76.200 (15.244)	77.983 (14.136)	-0.479 (0.633)
<b>Aufregung</b> <sub>Identifikation</sub>	27.750 (26.844)	28.233 (22.931)	539.00 (0.498) <sup>a</sup>
<b>Konzentration</b> <sub>Identifikation</sub>	78.800 (14.085)	79.333 (15.501)	-0.136 (0.892)

**Tabelle 6:** Übersicht über das subjektive Befinden, die Aufregung und die Konzentration in den einzelnen Teiltests der Geruchstestung

<sup>a</sup> Angabe des u-Werts beim Mann-Whitney-U-Test, da aufgrund der fehlenden Normalverteilung kein t-Test gerechnet werden konnte.

## 6.2 Zyklusphasen

Zum Vergleich der Zyklusphasen wurden alle Frauen, die keine hormonellen Verhütungsmittel verwendeten zusammengefasst, somit gehen 20 Frauen in die Auswertung ein, die zum ersten Testzeitpunkt in der Follikulärphase getestet wurden und 20 Frauen, die zuerst in der Lutealphase untersucht wurden.

Da der Summenscore der positiven Affekte normalverteilt war, konnte hier ein t-Test für abhängige Stichproben eingesetzt werden. Die Summe der negativen Affekte erfüllte die Voraussetzung der Normalverteilung nicht, daher musste hier der Wilcoxon-Test zur Auswertung eingesetzt werden.

Im Vergleich der beiden Zyklusphasen zeigte sich kein Unterschied zwischen den Angaben zur Stimmung, weder im Summenscore der positiven ( $t = -0.159$ ,  $p = 0.874$ , n.s.) noch der negativen Affekte ( $Z = -0.983$ ,  $p = 0.326$ , n.s.). Auch bei der Erhebung der Stimmung nach der Testung konnten keine Unterschiede zwischen den beiden Zyklusphasen gefunden werden (positiv:  $t = -1.438$ ,  $p = 0.158$ , n.s.; negativ:  $Z = -0.715$ ,  $p = 0.475$ , n.s.).

Die Ergebnisse der Geruchstestung zeigten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Zyklusphasen (siehe Tabelle 7). Aufgrund der fehlenden Normalverteilung wurde für den Diskriminationstest und den Identifikationstest wieder der nichtparametrische Wilcoxon-Test eingesetzt. Für den Vergleich des SDI und des Schwellentests wurde ein t-Test für abhängige Stichproben eingesetzt.

Frauen in der Lutealphase zeigten höhere Gesamtwerte ( $t = -2.833$ ,  $p = 0.007$ ,  $d = 0.49$ ) und eine niedrigere Wahrnehmungsschelle ( $t = -2.344$ ,  $p = 0.024$ ,  $d = 0.43$ ) als Frauen in der Follikulärphase. Im Diskriminationstest ( $Z = -1.416$ ,  $p = 0.157$ , n.s.) und im Identifikationstest ( $Z = -0.720$ ,  $p = 0.471$ , n.s.) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede, obwohl auch hier die Frauen in der Lutealphase die höheren Werte aufwiesen (siehe Tabelle 7).

	<b>Follikulärphase</b>	<b>Lutealphase</b>
	MW (SD)	MW (SD)
SDI	36.419 ( 3.434)	37.963 (2.810)
Schwellentest	8.994 (2.536)	9.988 (2.038)
Diskriminationstest	13.600 (0.955)	13.925 (1.119)
Identifikationstest	13.825 (1.767)	14.025 (1.423)

**Tabelle 7:** Übersicht über die Unterschiede zwischen den Zyklusphasen im Geruchstest

In Bezug auf die Bewertung der Intensität von n-Butanol kann gesagt werden, dass Frauen in der Follikulärphase den Stift, der drei Verdünnungsstufen intensiver ist, als die ermittelte Schwelle, signifikant intensiver bewerten ( $t = 2.046$ ,  $p = 0.048$ ,  $d = 0,44$ ) als Frauen in der Lutealphase (FP:

MW = 41.575, SD = 23.066; LP: MW = 44.400, SD = 18.883). Bei der Vorgabe der höchsten Konzentration zeigten sich keine signifikanten Unterschiede ( $t = -0.482$ ,  $p = 0.632$ ). Allerdings ist hier zu erwähnen, dass die ermittelte Schwelle bei Frauen in der Lutealphase signifikant niedriger ( $p = 0.024$ ) war als bei Frauen in der Follikulärphase, daher enthielt auch der Stift drei Stufen über der Wahrnehmungsschwelle eine weniger intensive Konzentration von n-Butanol.

Bei der hedonischen Bewertung der intensivsten Verdünnungsstufe von n-Butanol konnte festgestellt werden, dass sich Frauen in der Follikulärphase von Frauen in der Lutealphase signifikant unterscheiden ( $t = 2.122$ ,  $p = 0.040$ ,  $d = 0.30$ ). In der Lutealphase wurde dieser Duftstoff als deutlich unangenehmer beurteilt (FP: MW = 32.950, SD = 26,499; LP: MW = 25.225, SD = 25.271). In der Bewertung der Hedonik der Konzentration, die drei Stufen über der Wahrnehmungsschwelle liegt, konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Zyklusphasen festgestellt werden ( $t = -0.703$ ,  $p = 0.486$ , n.s.).

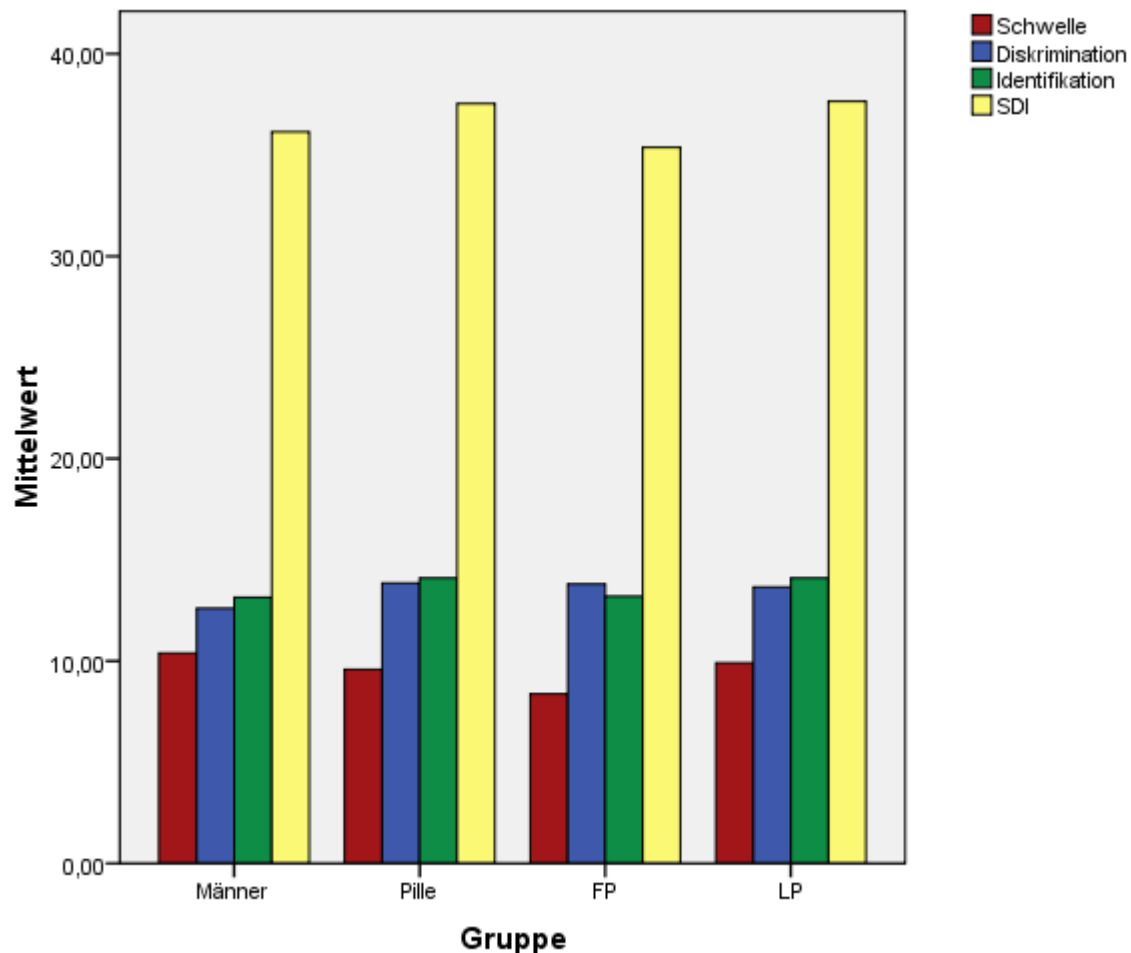
Es hat sich gezeigt, dass die Testteilnehmerinnen in der Follikulärphase beim Schwellentest deutlich aufgeregter waren als in der Lutealphase ( $t = 2.120$ ,  $p = 0.040$ ,  $d = 0.41$ ). Alle anderen Variablen zum Befinden während der Testungen ergaben keine Unterschiede zwischen den beiden Zyklusphasen (Befinden<sub>Schwelle</sub>:  $t = -0.736$ ,  $p = 0.466$ , n.s.; Konzentration<sub>Schwelle</sub>:  $t = 0.338$ ,  $p = 0.700$ , n.s.; Befinden<sub>Diskrimination</sub>:  $t = 0.367$ ,  $p = 0.716$ , n.s.; Aufregung<sub>Diskrimination</sub>:  $t = 0.119$ ,  $p = 0.906$ , n.s.; Konzentration<sub>Diskrimination</sub>:  $t = -0.320$ ;  $p = 0.751$ , n.s.; Befinden<sub>Identifikation</sub>:  $t = -1.249$ ,  $p = 0.219$ , n.s.; Aufregung<sub>Identifikation</sub>:  $t = -0.206$ ,  $p = 0.838$ , n.s.; Konzentration<sub>Identifikation</sub>:  $t = -0.306$ ,  $p = 0.761$ , n.s.)

Um festzustellen, ob Leistungsunterschiede zwischen den Zyklusphasen auf Menstruationsbeschwerden zurückzuführen sind, wurden die Leistungen im Geruchstest in der Follikulärphase von Frauen, die angaben während der Menstruation unter Beschwerden zu leiden mit denen verglichen, die anführten, dass sie keine Menstruationsbeschwerden hatten. Dabei hat sich gezeigt, dass sich die beiden Gruppen in ihrer Leistung im Geruchstest während der Follikulärphase nicht signifikant unterscheiden (SDI:  $t = -0.363$ ,  $p = 0.719$ ,

n.s.; Schwellentest:  $t = -0.199$ ,  $p = 0.843$ , n.s.; Diskriminationstest:  $Z = 0.182$ ,  $p = 0.209$ , n.s.; Identifikationstest:  $Z = 0.878$ ,  $p = 0.882$ , n.s.).

### 6.3 Orale Kontrazeptiva

Frauen, die hormonelle Verhütungsmittel einsetzen, unterschieden sich in der Geruchstestung nicht von den anderen drei Gruppen (siehe Abb. 9).



**Abb. 9:** Überblick über die Ergebnisse der Geruchstestungen der Frauen, Vergleich zwischen Pille, FP und LP; Die Werte der einzelnen Tests liegen zwischen 0 und 16, der SDI kann Werte zwischen 0 und 48 annehmen.

Die Bewertung der Hedonik von n-Butanol (siehe Tabelle 8) hat keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Versuchsgruppen ergeben (Hedonik<sub>3Stufen</sub>:  $F_{(3,76)} = 1.197$ ,  $p = 0.317$ , n. s.; Hedonik<sub>höchste</sub>:  $F_{(3,76)} = 1.910$ ,  $p = 0.135$ , n. s.). Die Bewertung der Intensität der Verdünnungsstufe drei Stufen über der Wahrnehmungsschwelle zeigte keine signifikanten Unterschiede. Pille-Verwenderinnen empfanden die höchste Verdünnungsstufe weniger intensiv als Frauen in der Follikulärphase ( $F_{(3,76)} = 2.110$ ,  $p = 0.007$ ,



$\eta_p^2 = 0.147$ ). Zu den Frauen in der Lutealphase und zu den Männern zeigte sich kein Unterschied (siehe Tabelle 8).

	<b>Hedonik<sub>3Stufen</sub></b> MW (SD)	<b>Hedonik<sub>höchste</sub></b> MW (SD)	<b>Intensität<sub>3Stufen</sub></b> MW (SD)	<b>Intensität<sub>höchste</sub></b> MW (SD)
<b>Männer</b>	47.60 (18.208)	39.35 (20.669)	32.85 (16.762)	75.75 (16.345)
<b>Pille</b>	51.55 (19.476)	26.45 (19.269)	35.30 (14.419)	77.30 (10.883)
<b>LP</b>	39.30 (26.519)	29.40 (24.051)	46.25 (18.937)	79.50 (15.084)
<b>FP</b>	45.25 (18.456)	24.45 (21.311)	43.90 (19.458)	89.60 (10.028)
<b>F (3,76)</b>	1.197	1.910	2.757	4.357
<b>p</b>	0.317	0.135	0.048	0.007
<b><math>\eta_p^2</math></b>	n.s.	n.s.	0.098	0.147

**Tabelle 8:** Übersicht über die Werte der Bewertung von Hedonik und Intensität

Die Dauer der Einnahme der Pille zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die einzelnen Teilbereiche der Geruchstestung (Schwellentest:  $r = 0.362$ ,  $p = 0.116$ ; Diskriminationstest:  $r = 0.330$ ,  $p = 0.155$ ; Identifikationstest: Spearman- $\rho = 0.337$ ,  $p = 0.146$ ). Allerdings konnte ein Zusammenhang mit dem Gesamtscore gefunden werden ( $r = 0.522$ ,  $p = 0.018$ ). Je länger das jeweilige Pillenpräparat eingenommen wurde, desto höher war die Leistung im Geruchstest.

## 6.4 Vergleich der Testzeitpunkte

Um die beiden Testzeitpunkte zu vergleichen wird für den Schwellentest und den SDI-Wert eine Varianzanalyse mit Messwiederholung eingesetzt, da alle entsprechenden Voraussetzungen erfüllt sind. Da die Werte des Diskriminations- und des Identifikationstests diese nicht erfüllen wird der Wilcoxon-Test eingesetzt. Dabei zeigte sich, dass es im Vergleich der Gesamtstichprobe (siehe Tabelle 9) keine signifikanten Unterschiede im Schwellentest ( $t = -0.748$ ,  $p = 0.457$ , n.s.) und im Identifikationstest ( $Z = -1.422$ ,  $p = 0.155$ , n.s.) zwischen den beiden Testzeitpunkten gibt. Die beiden Stichproben unterschieden sich allerdings im Gesamtwert ( $t = -2.286$ ,  $p = 0.025$ ,  $d = 0.29$ ) und im Diskriminationstest ( $Z = -2.364$ ,  $p = 0.018$ ,  $d = 0.37$ ). Generell zeigte sich in allen Teilttests zumindest ein Trend zu einer besseren Leistung zum zweiten Testzeitpunkt.

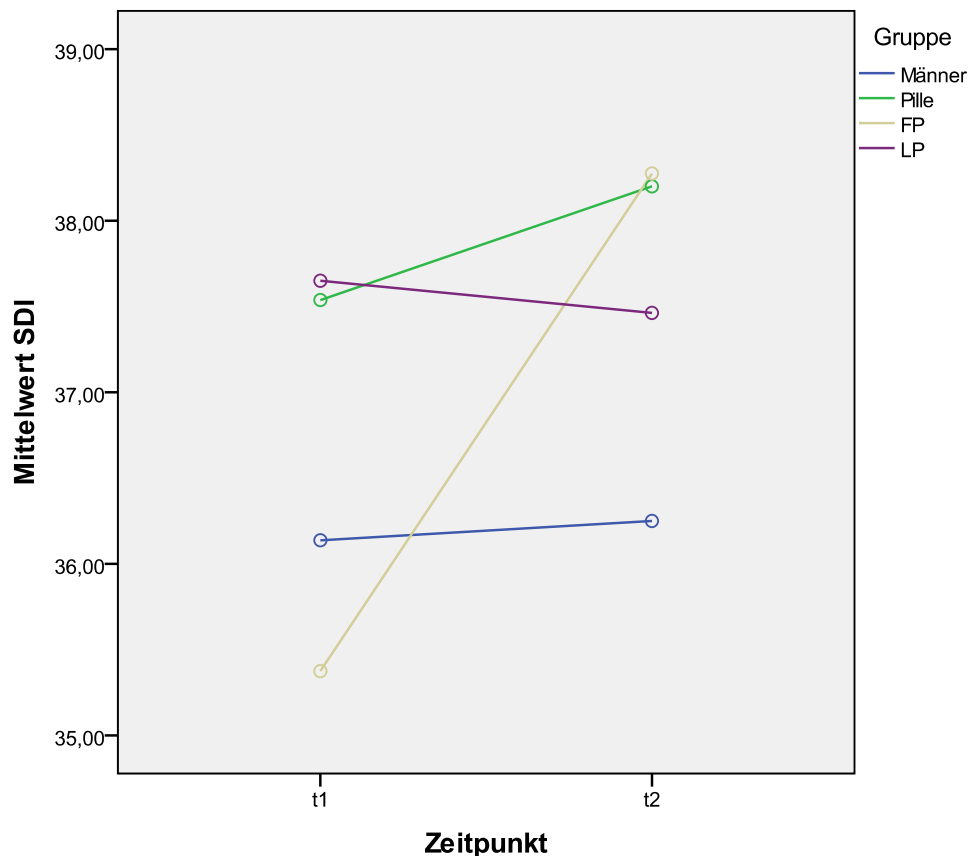
	t1	t2
	MW (SD)	MW (SD)
<b>Schwellentest</b>	9.563 (2.587)	9.784 (2.189)
<b>Diskriminationstest</b>	13.475 (1.180)	13.900 (1.143)
<b>Identifikationstest</b>	13.638 (1.146)	13.863 (1.557)
<b>SDI</b>	36.675 (3.303)	37.547 (2.786)

**Tabelle 9:** Vergleich der Werte der einzelnen Teilttest über beide Testzeitpunkte

Um die Retestreliabilität zu untersuchen wurde bei normalverteilten Variablen eine Produktmomentkorrelation berechnet. Bei Normalverteilungsverletzung kam eine Spearman-Rangkorrelation zum Einsatz. Im Vergleich beiden Testzeitpunkte über die Gesamtstichprobe zeigten nicht alle Teilttests signifikante Korrelationen. Die von Hummel et al. (2007) gefunden Zusammenhänge zwischen zwei Testzeitpunkten konnten in der vorliegenden Untersuchung nicht gefunden werden. Es zeigten sich zwar im Identifikationstest (Spearman- $\rho = 0.523$ ,  $p < 0.001$ ) und im Schwellentest ( $r = 0.392$ ,  $p < 0.001$ ) sowie im SDI-Wert ( $r = 0.382$ ,  $p < 0.001$ ) signifikante Korrelationen, diese drücken aber nur mittlere Zusammenhänge aus. Der Diskriminationstest (Spearman- $\rho = 0.153$ ,  $p = 0.175$ ) zeigte hingegen keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den beiden Testzeitpunkten. Da die Zweittestung zwischen zwei und sieben Wochen nach dem ersten Testzeitpunkt stattfand, wurde weiters untersucht, ob die Zeitspanne zwischen den beiden Testungen auf die Leistung in der zweiten Untersuchung einfließt. Dabei hat sich gezeigt, dass es keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Zeitabstand der Testungen und der Ergebnisse der Zweittestungen gibt (Schwellentest:  $r = 0.049$ ,  $p = 0.663$ ; Diskriminationstest: Spearman- $\rho = 0.121$ ,  $p = 0.287$ ; Identifikationstest: Spearman- $\rho = -0.144$ ;  $p = 0.202$ ; SDI:  $r = 0.025$ ,  $p = 0.822$ ).

Um ein detaillierteres Bild der Geruchsleistung zu erhalten, wurde mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung über die Gruppen untersucht. Dadurch soll festgestellt werden, ob sich die einzelnen Gruppen über die beiden Messzeitpunkte unterschiedlich verhalten. Zur Untersuchung, ob sich einzelne Gruppen zwischen den beiden Testzeitpunkten unterscheiden, wurden bei normalverteilten Variablen (SDI und Schwellentest) t-Tests für abhängige Stichproben eingesetzt. Bei nicht normalverteilten Daten (Diskriminations- und Identifikationstest) wurde auf den Wilcoxon-Test zurückgegriffen. Im Ver-

gleich der einzelnen Versuchsgruppen über die beiden Testzeitpunkte konnten signifikante Wechselwirkungen ( $F_{(3,76)} = 3.700$ ,  $p = 0.015$ ,  $\eta_p^2 = 0.127$ ) zwischen der Gruppe und dem Testzeitpunkt im SDI gefunden werden (siehe Abb. 10). Ausschließlich die Gruppe, die zum ersten Mal während der Follikulärphase getestet wurde, verbesserte sich signifikant ( $t = -3.908$ ,  $p = 0.001$ ,  $d = 0.89$ ). Die Gruppe der Männer ( $t = -0.185$ ,  $p = 0.855$ , n.s.) und die Pilleverwenderinnen ( $t = -0.782$ ,  $p = 0.444$ , n.s.) zeigten zum zweiten Testzeitpunkt einen Trend einer Leistungsverbesserung. Im Gegensatz dazu zeigten Frauen, die zuerst in der Lutealphase getestet wurden, den Trend einer Leistungsverschlechterung ( $t = 0.272$ ,  $p = 0.788$ , n.s.) bei der Wiederholungstestung



**Abb. 10:** Diagramm der Wechselwirkungen zwischen Gruppe und Testzeitpunkt im SDI. Die Gruppe FP hatte den ersten Testzeitpunkt in der Follikulärphase und den zweiten Testtermin in der Lutealphase, bei der Gruppe LP war es umgekehrt.

Auch die Untersuchung der Wahrnehmungsschwelle zeigte signifikante Wechselwirkungen zwischen dem Testzeitpunkt und der Versuchsgruppe ( $F_{(3,76)} = 4.397$ ,  $p = 0.007$ ,  $\eta_p^2 = 0.148$ ). Männer zeigten bei der Wiederholungstestung eine signifikante Verschlechterung ( $t = 2.273$ ,  $p = 0.035$ ,

$d = 0.43$ ). Bei den Pilleverwenderinnen ( $t = -0.861$ ,  $p = 0.400$ , n.s.) und den Frauen, die ihre Ersttestung in der Lutealphase absolvierten ( $t = 0.470$ ,  $p = 0.644$ , n.s.) zeigten sich keine signifikanten Veränderungen in der Wahrnehmungsschwelle. Frauen, die zuerst in der Follikulärphase getestet wurden, zeigten eine signifikante Leistungsverbesserung ( $t = -3.048$ ,  $p = 0.007$ ,  $d = 0.77$ ).

In der Diskriminationsfähigkeit konnten ebenfalls signifikante Wechselwirkungen zwischen der Gruppe und dem Zeitpunkt festgestellt werden ( $F_{(3,76)} = 3.829$ ,  $p = 0.013$ ,  $\eta_p^2 = 0.131$ ). Männer zeigten eine deutliche Verbesserung der Diskriminationsfähigkeit in der Wiederholungstestung ( $Z = -2.968$ ,  $p = 0.003$ ,  $d = 1.08$ ). Alle anderen Gruppen zeigten keine signifikanten Veränderungen zwischen der ersten und der zweiten Messung (Pille:  $Z = -0.841$ ,  $p = 0.401$ ; FP:  $Z = -0.994$ ,  $p = 0.320$ ; LP:  $Z = -1.020$ ,  $p = 0.308$ ). Pilleverwenderinnen und Frauen mit Ersttestung in der Follikulärphase zeigten den Trend einer Leistungsverbesserung, während Frauen, die zum ersten Mal in der Lutealphase getestet wurden, den Trend einer Verschlechterung aufwiesen.

Im Identifikationstest konnten keine signifikanten Wechselwirkungen ermittelt werden ( $F_{(3,76)} = 2.542$ ,  $p = 0.063$ , n.s.). Die Daten zeigten, dass sich nur die Gruppe der Frauen, die zuerst in der Follikulärphase zum zweiten Testzeitpunkt signifikant verbesserte ( $Z = -2.297$ ,  $p = 0.022$ ,  $d = 0.48$ ; Männer:  $Z = -0.454$ ,  $p = 0.650$ , n.s.; Pille:  $Z = -0.660$ ,  $p = 0.509$ , n.s.; LP:  $Z = -1.334$ ,  $p = 0.182$ , n.s.)

## 6.5 Kognitive und affektive Einflüsse

Um festzustellen, wie die Faktoren der kognitiven Leistungsfähigkeit und die aktuelle emotionale Befindlichkeit der Testperson auf die Ergebnisse der Geruchstestung einwirken, wurden die Zusammenhänge mittels Korrelationen untersucht. Da die Ergebnisse des Diskriminationstests und des Identifikationstests und der Verfahren TMT-A, B nicht normalverteilt waren, wurde hier eine Spearman-Rangkorrelation eingesetzt. Für die anderen Zusammenhänge wurde eine Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson berechnet. Die Überprüfung des Zusammenhangs der kristallinen Intelligenz, die mit dem

MWT-B gemessen wurde, mit den Ergebnissen der Geruchstestung zeigte keine signifikanten Zusammenhänge (siehe Tabelle 10).

	<b>MWT-B</b>	<b>TMT-A</b>	<b>TMT-B</b>
	<b>r (p)</b>	<b>r (p)</b>	<b>r (p)</b>
<b>Schwellentest</b>	-0.024 (0.832)	-0.182 (0.107)	0.027 (0.810)
<b>Diskriminationstest</b>	0.033 (0.775)	0.097 (0.393)	0.002 (0.983)
<b>Identifikationstest</b>	0.112 (0.323)	-0.099 (0.383)	-0.068 (0.549)
<b>SDI</b>	0.036 (0.750)	-0.149 (0.188)	-0.055 (0.626)

**Tabelle 10:** Übersicht über die Korrelationen zwischen den kognitiven Testverfahren und der Geruchstestung

Um die Einflüsse des emotionalen Befindens zu untersuchen, wurden die Summenscores der positiven und negativen Affekte, die durch die PANAS erhoben wurden, mit den Ergebnissen der Geruchstestung korreliert. Da der Summenscore der negativen Affekte sowie die Daten der Diskriminationstestung und des Identifikationstests die Voraussetzung der Normalverteilung nicht erfüllten, musste für diese Variablen wieder die Spearman-Rangkorrelation eingesetzt werden. Die Ergebnisse der PANAS vor der Untersuchung zeigte keine signifikante Korrelation mit den Ergebnissen der Geruchstestung (siehe Tabelle 11).

	<b>PANAS-pos</b>	<b>PANAS-neg</b>
	<b>r (p)</b>	<b>r (p)</b>
<b>Schwellentest</b>	0.005 (0.962)	0.057 (0.616)
<b>Diskriminationstest</b>	-0.058 (0.612)	-0.030 (0.791)
<b>Identifikationstest</b>	-0.216 (0.054)	-0.048 (0.669)
<b>SDI</b>	-0.087 (0.444)	0.006 (0.955)

**Tabelle 11:** Übersicht über die Korrelationen zwischen den kognitiven Testverfahren und der Geruchstestung

Allerdings konnte ein Trend im Zusammenhang zwischen dem Identifikationstest und der positiven Affekte gezeigt werden. Personen mit niedrigeren Werten in der positive Stimmung tendierten zu höheren Leistungen in der Identifikationsleistung. Die negative Stimmung zeigte keinen Einfluss auf die Leistungen im Identifikationstest (siehe Tabelle 11). Es konnte aber kein Zusammenhang zwischen der von der Testperson angegebenen positiven Stimmung und der Konzentration im Identifikationstest gefunden werden (Spearman- $\rho = 0.107$ ,  $p = 0.344$ ).

Als weiteres Maß zur Erhebung der affektiven Komponente während der Testung wurden die Analogskalen zur Bewertung des aktuellen subjektiven Befindens, der Konzentration und der Aufgeregtheit vorgegeben. Zur Überprüfung des Einflusses der Bewertungen auf den Diskriminationstest und den Identifikationstest wurden Rangkorrelationen nach Spearman eingesetzt, da die Daten nicht normalverteilt waren.

Es konnten dabei keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Selbstbewertung des Befindens, der Aufgeregtheit und der Konzentration mit dem Schwellentest und dem Diskriminationstest gefunden werden. Allerdings zeigte sich ein Zusammenhang des subjektiven Befindens und der Konzentration mit den Ergebnissen des Identifikationstests (siehe Tabelle 12). Obwohl diese Korrelationen zwar signifikant sind, sind die Zusammenhänge doch recht gering.

	<b>Schwellentest</b>	<b>Diskriminationstest</b>	<b>Identifikationstest</b>
	<b>r (p)</b>	<b>Spearman-p (p)</b>	<b>Spearman-p (p)</b>
<b>Befinden</b> <sub>Schwelle</sub>	0.107 (0.346)	-	-
<b>Aufregung</b> <sub>Schwelle</sub>	-0.013 (0.908)	-	-
<b>Konzentration</b> <sub>Schwelle</sub>	0.139 (0.219)	-	-
<b>Befinden</b> <sub>Diskrimination</sub>	-	0.194 (0.084)	-
<b>Aufregung</b> <sub>Diskrimination</sub>	-	-0.111 (0.328)	-
<b>Konzentration</b> <sub>Diskrimination</sub>	-	0.005 (0.963)	-
<b>Befinden</b> <sub>Identifikation</sub>	-	-	0.347 (0.002)
<b>Aufregung</b> <sub>Identifikation</sub>	-	-	-0.097 (0.391)
<b>Konzentration</b> <sub>Identifikation</sub>	-	-	0.241 (0.031)

**Tabelle 12:** Übersicht über die Zusammenhänge zwischen dem Befinden während der Testung und den Ergebnissen der Geruchstestung

## 7 Diskussion und Schlussfolgerung

Diese Studie untersucht Unterschiede in der Geruchswahrnehmung im Verlauf des Menstruationszyklus und bei Einnahme oraler Kontrazeptiva. Die Untersuchung ist dahingehend interessant, da es bisher kaum Untersuchungen zum Einfluss oraler Kontrazeptiva auf die Geruchswahrnehmung gibt. Studien zu Veränderungen im Verlauf des Menstruationszyklus lieferten uneinheitliche Ergebnisse. In allen bisher durchgeführten Untersuchungen wurden ausschließlich die Wahrnehmungsschwelle und physiologische Parameter untersucht. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden neben der Wahrnehmungsschwelle zusätzlich die Diskriminations- und die Identifikationsfähigkeit erhoben. Zusätzlich wurden im Rahmen dieser Studie Bewertungen der Hedonik und der Intensität von n-Butanol erhoben.

Da sich die Versuchsgruppen in den soziodemographischen Variablen, wie z.B. kognitive Leistungsfähigkeit, aktuelle Stimmung, familiärer Bildungshintergrund bzw. eigene Bildung, Rauchen oder Alkoholkonsum nicht signifikant unterscheiden, kann davon ausgegangen werden, dass signifikante Unterschiede im Geruchstest nicht auf diese Variablen zurückzuführen sind. Obwohl sich Unterschiede im Hungergefühl und im Verlangen nach Essen zeigten, können diese vernachlässigt werden, da keine der beiden Variablen signifikant mit dem Ergebnis des Geruchstests korreliert.

### 7.1 Ergebnisse der Geruchstestungen

Generell hat sich gezeigt, dass sich die Studienteilnehmer während des Schwellentests weniger gut fühlten als während der anderen beiden Untersuchungen. Dieses Ergebnis spiegelt auch die Antworten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Nachgespräch wieder. Im Schwellentest konnten sich die Testpersonen am schlechtesten einschätzen, viele hatten das Gefühl nur zu raten und fühlten sich deshalb weniger wohl. Die subjektive Empfindung der Konzentration während der Testung unterschied sich allerdings nicht zwischen den drei Teilbereichen. Daraus lässt sich schließen, dass alle drei Teilbereiche ähnlich konzentriert bearbeitet wurden.

Die Teilnehmer waren während der Schwellentestung und dem Diskriminationstest deutlich aufgeregter als während des Identifikationstests. Das lässt sich dadurch erklären, dass die Schwellentestung immer zu Beginn vorgegeben wurde. Da die Testsituation neu war, ist ein höheres Ausmaß an Aufregtheit zu erwarten. Die Testpersonen fühlten sich während des Schwellentests nicht sehr wohl, daher waren sie auch noch während des Diskriminationstests aufgeregter. Während des Identifikationstests fühlten sie sich allerdings wieder ruhiger.

Ein Vergleich der Reihenfolge der Triplets im Diskriminationstest hat gezeigt, dass zu Beginn der Testung mehr Fehler gemacht werden als in der Mitte oder gegen Ende des Tests. Außerdem waren bestimmte Stifte schwieriger zu erkennen als andere. Daraus ergibt sich die Wichtigkeit der Vorgabe in Zufallsreihenfolge. Nur so können Verzerrungen aufgrund der Vorgabereihenfolge vermieden werden. Zur Vorgabe in Zufallsreihenfolge ist die Verwendung des eigens für die Untersuchung mit Sniffin' Sticks entwickelten Computerprogramms äußerst hilfreich.

In der vorliegenden Arbeit konnten keine signifikanten Geschlechtsunterschiede im Gesamtwert und im Schwellentest gefunden werden. Diese Ergebnisse entsprechen der Untersuchung von Hummel et al. (2007), in der ebenfalls keine Geschlechtsunterschiede in der Geruchstestung mit Sniffin' Sticks gefunden werden konnten. Allerdings zeigte die vorliegende Untersuchung Unterschiede im Diskriminationstest und im Identifikationstest. In beiden Teilbereichen erreichten Frauen signifikant bessere Werte als Männer. Dies entspricht den Ergebnissen aus verschiedenen anderen Untersuchungen (z.B. Larsson et al., 2004), in denen Frauen bei Geruchstestungen besser abschnitten als Männer.

Zum Vergleich der Zyklusphasen wurden die Frauen in Follikulärphase (Tag 1 bis Tag 14 des Zyklus) und Lutealphase (Tag 15 bis Tag 28/30 des Zyklus) unterteilt. Entsprechend den Ergebnissen von Navarrete-Palacios et al. (2003a) wurde auch in dieser Untersuchung eine erhöhte Sensitivität für olfaktorische Reize während der Lutealphase gefunden. Navarrete-Palacios et al. (2003a) fanden die höchste Wahrnehmungsschwelle, also die niedrigste Sensitivität während der Menstruationsphase. In der vorliegenden Untersu-



chung wurde die Menstruationsphase in die Follikulärphase inkludiert, daher sind die Ergebnisse dieser Untersuchung mit den Daten von Navarrete-Palacios et al. (2003a) konsistent.

In der Lutealphase sind die Östradiol-Werte im Gegensatz zur Follikulärphase deutlich erhöht. Es wird daher angenommen, dass diese Veränderung im Östrogenspiegel Auswirkung auf die sensorische Wahrnehmung hat (z.B. Le Magnen, 1952, zitiert nach Doty & Cameron, 2009). Da dieser veränderte Hormonhaushalt verschiedene physiologische Faktoren beeinflusst, wie z.B. den Anstieg der basalen Körpertemperatur. Diese oder andere physiologischen Veränderungen könnten auch zur Veränderung der Riechfähigkeit führen. Wie diese genau zustande kommen, ist bisher noch nicht geklärt. In einer Untersuchung von Navarrete-Palacios, Hudson, Reyes-Guerrero und Guevara-Guzmán (2003b) hat sich herausgestellt, dass es Veränderungen in der Riechepithel im Verlauf des Menstruationszyklus gibt. Auch das wäre eine mögliche Ursache für die veränderte Geruchswahrnehmung.

Grillo et al. (2001) fand hingegen die höchste Sensitivität auf olfaktorische Reize zum Zeitpunkt der Ovulation. In dieser Phase kommt es zu einem sehr raschen und hohen Anstieg des Östradiolspiegels. Da diese Phase der Ovulation in der vorliegenden Studie in der Lutealphase enthalten ist, sind die Ergebnisse dieser Untersuchung mit denen von Grillo et al. (2001) konsistent. Daraus lässt sich ableiten, dass eine Vergleichbarkeit der Untersuchungen und deren Ergebnissen nur dann gegeben ist, wenn die Untersuchungszeitpunkte vergleichbar sind.

Bisher ist allerdings noch nicht geklärt, ob die veränderte Geruchswahrnehmung auf sensorischer Ebene zu finden ist, oder ob es sich um eine veränderte Verarbeitung der wahrgenommenen Reize handelt. Pause et al. (1996) gehen von einer veränderten kognitiven Verarbeitung aus, da sich Unterschiede in chemosensorisch evozierten Potentialen im Verlauf des Menstruationszyklus zeigen. In ihrer Untersuchung fanden die Autoren heraus, dass Frauen zum Zeitpunkt der Ovulation olfaktorischen Reizen größere Aufmerksamkeit schenken.

Die Unterschiede in den Zyklusphasen konnten nur in der Wahrnehmungsschwelle und im SDI-Wert gefunden werden. Im Diskriminationstest und im Identifikationstest wurden keine Unterschiede zwischen den Zyklusphasen festgestellt. Allerdings zeigten sich sowohl im Diskriminationstest als auch im Identifikationstest höhere Werte in die Lutealphase, die Unterschiede waren aber nicht signifikant. An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Werte in diesen beiden Teilbereichen generell recht hoch waren, daher kann ein Deckeneffekt nicht ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse unterstützen die Annahme, dass es Unterschiede zwischen verschiedenen Zyklusphasen gibt (vgl. Navarrete-Palacios, 2003a).

In dieser Untersuchung konnten mittlere Effekte im Unterschied zwischen den beiden Zyklusphasen gefunden werden. Aufgrund dieser Ergebnisse kann von einer Relevanz im Alltag ausgegangen werden. Wie in Kapitel 1 erläutert, beeinflussen Gerüche das menschliche Erleben und Verhalten. Auch die enge Verknüpfung zwischen Geruch und Emotionen könnte hier von Bedeutung sein. Wie bereits Derntl et al. (2008) zeigen konnten, gibt es Unterschiede in der Emotionserkennung im Verlauf des Menstruationszyklus. Hier könnten Wechselwirkungen mit unterschiedlichen Geruchswahrnehmungen entstehen. Um diese zu erforschen, sind noch weitere Untersuchungen nötig. Da Gerüche auch die Stimmung beeinflussen können (z.B. Warrenburg, 2005), könnte es auch Zusammenhänge zwischen Unterschieden in der Stimmung und der Geruchswahrnehmung geben. Im Nachgespräch berichteten Frauen in der Follikulärphase öfter, dass sie die meisten Gerüche, die im gesamten Testverlauf eingesetzt wurden, als eher unangenehm empfanden. Diese Aussage sollte näher untersucht werden, da sich diese veränderte Empfindung von Gerüchen auch auf den Alltag auswirken könnte. So könnten verschiedene Gerüche z.B. Unwohlsein oder in extremeren Fällen auch Übelkeit auslösen.

Vor allem beim Identifikationstest zeigten sich zwei Düfte, bei denen sehr viele Testpersonen Schwierigkeiten in der Erkennung hatten. Dies war einerseits der Geruch nach Terpentin, der nicht unbedingt alltäglich ist. Personen, die mit diesem Geruch nicht sonderlich vertraut sind, können ihn auch nur schwer identifizieren. Es zeigten sich hier keine Unterschiede zwischen Männern und

Frauen. Der andere Duftstoff, den viele Testpersonen nicht identifizieren konnten, war der Geruch nach Apfel. Hier ist zu erwähnen, dass dieser Geruch weniger einem natürlichen Apfelgeruch entspricht. Es handelt sich eher um ein künstliches Apfelaroma. Personen, die mit diesem künstlichen Duftstoff wenig vertraut sind, hatten auch hier Probleme mit der Zuordnung.

Da sich die Frauen in den beiden Zyklusphasen nicht in den Angaben ihrer aktuellen Stimmung unterschieden, kann davon ausgegangen werden, dass diese Variable nicht die Unterschiede in der Geruchstestung hervorruft. Es zeigten sich weder Unterschiede in der Erhebung der Stimmung vor, noch nach der Geruchstestung zwischen den Zyklusphasen. Die Teilnehmerinnen waren in der Follikulärphase während der Schwellentestung aufgeregter als in der Lutealphase. Es hat sich aber herausgestellt, dass die subjektiv empfundene Aufgeregtheit nicht mit den Ergebnissen der Schwellentestung korreliert.

Die Unterschiede zwischen den beiden Zyklusphasen können auch nicht auf mögliche Menstruationsbeschwerden während der Follikulärphase zurückgeführt werden. Frauen, die angaben unter Menstruationsbeschwerden zu leiden, unterschieden sich in den Ergebnissen der Geruchstestung nicht von Frauen, die über keine Beschwerden während der Menstruation berichten.

Die Leistungen von Frauen, die hormonelle Verhütungsmittel einsetzen, unterscheiden sich in den einzelnen Teilbereichen nicht von Frauen, die keine Hormone einnehmen. Nur im Gesamtscore zeigen sich Unterschiede, wobei sich Pilleverwenderinnen nicht von Frauen in der Lutealphase unterscheiden. Diese beiden Gruppen zeigen einen signifikant höheren Wert als Frauen in der Follikulärphase. Diese Ergebnisse entsprechen den Daten der Untersuchung von Caruso et al. (2001). In dieser Studie hat sich gezeigt, dass Frauen, die die Pille einnehmen, eine vergleichbare Schwelle erreichten wie Frauen in der Lutealphase. Die Autoren erklären dieses Ergebnis damit, dass der Hormonspiegel, der durch die Einnahme der Pille künstlich hervorgerufen wird, jenem in der Lutealphase entspricht.

Außerdem wurde ein Zusammenhang zwischen dem SDI-Wert und der Einnahmedauer der Pille in Monaten gefunden. Je länger hormonelle Verhü-

tungsmittel eingesetzt wurden, desto höher war der SDI-Wert. Das lässt darauf schließen, dass sich die Geruchswahrnehmung nicht nur generell durch die Einnahme der Pille verändert. Werden hormonelle Verhütungsmittel über einen längeren Zeitraum eingenommen, so kann sich die Geruchswahrnehmung stetig verändern. Möglicherweise bezieht sich dieses Ergebnis auch auf andere Sinneswahrnehmungen. Es sollte daher untersucht werden, ob es auch in anderen Modalitäten Einflüsse der Einnahmedauer hormoneller Verhütungsmittel gibt.

Ein Vergleich der Gesamtstichprobe zu beiden Testzeitpunkten zeigte eine Verbesserung des SDI zum zweiten Testzeitpunkt. Diese Veränderung ist auf Trainingseffekte zurückzuführen. Außerdem ist die Testsituation zum zweiten Testzeitpunkt bereits bekannt, dadurch kann mehr Aufmerksamkeit auf die eigentliche Aufgabe gelenkt werden. In den einzelnen Teilbereichen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Testzeitpunkten. Alle Teilttests wiesen zum zweiten Testzeitpunkt höhere Werte auf. Die Unterschiede waren in den einzelnen Bereichen jedoch zu klein um signifikante Ergebnisse zu erzielen. Erst in Summe ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied.

Die von Hummel et al. (1997) ermittelte Retestreliabilität von  $r = 0.72$  für den SDI-Wert konnte in dieser Untersuchung nicht repliziert werden. Der Gesamtwert erreichte hier lediglich eine Korrelation von  $r = 0.38$ . Die höchste Korrelation zwischen den beiden Testzeitpunkten zeigte der Identifikationstest. Das ist dadurch erklärbar, dass die meisten Gerüche eindeutig identifizierbar sind, wenn man mit ihnen vertraut ist. Diese Vertrautheit verändert sich normalerweise nicht zwischen den beiden Testzeitpunkten.

Da der zweite Testzeitpunkt zwischen zwei und sieben Wochen nach der Ersttestung stattfand, wurde untersucht, ob der sich Abstand der beiden Testungen auf die Testergebnisse der Wiederholungstestung auswirkt. Es konnte allerdings kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Zeitspanne, die zwischen den beiden Testzeitpunkten liegt und der Leistung in der Wiederholungstestung gefunden werden. Dieses Ergebnis ist dahingehend von Bedeutung, um Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen nicht auf unterschiedliche Zeitspannen der Wiederholungstestung zurückzuführen.

Es zeigten sich im SDI-Wert signifikante Wechselwirkungen zwischen den Versuchsgruppen und dem Testzeitpunkt. Hier konnte im Rahmen dieser Untersuchung gezeigt werden, dass sich Frauen, die zuerst in der Follikulärphase getestet wurden, stärker verbessern als alle anderen Gruppen. Die Frauen, deren erste Testung in der Lutealphase lag, verschlechterten sich sogar zum zweiten Testzeitpunkt. Das weist auf entsprechende Effekte des Menstruationszyklus hin, die auch durch Trainingseffekte nicht aufgewogen werden. Dieses Ergebnis unterstützt die Annahme von Navarrete-Palacios et al. (2003a), dass sich die Geruchswahrnehmung im Lauf des Menstruationszyklus verändert.

Im Identifikationstest wurde der Trend eines negativen Zusammenhangs mit der Angabe der positiven Affekte gefunden. Personen, die niedrigere Werte in der positiven Stimmung angaben, zeigten die Tendenz einer höheren Identifikationsleistung. Auch Finkelmeyer et al. (2010) fanden heraus, dass Personen, die mit unangenehmeren Gerüchen konfrontiert wurden, weniger Fehler machten. Die Autoren führten dieses Ergebnis auf eine fokussiertere und analytischere Arbeitsweise, die durch den unangenehmen Geruch induziert wird, zurück. Es konnte hier allerdings kein Zusammenhang zwischen der berichteten positiven Stimmung und der Konzentration gefunden werden. Möglicherweise empfanden sich die Testpersonen nicht konzentrierter, arbeiteten aber trotzdem fokussierter und analytischer.

## **7.2 Ergebnisse der Bewertungen von n-Butanol**

Männer und Frauen unterschieden sich nicht in ihrer Bewertung der Intensität von n-Butanol. Weder die Beurteilung der Verdünnungsstufe drei Stufen über der ermittelten Wahrnehmungsschwelle, noch die Bewertung der höchsten Konzentration zeigte signifikante Unterschiede. Daher kann davon ausgegangen werden, dass dieser Geruch bei beiden Geschlechtern ähnlich wahrgenommen wird.

In der hedonischen Bewertung von n-Butanol konnte allerdings ein signifikanter Geschlechtsunterschied für die höchste Konzentration festgestellt werden. Dieser Geruch wurde von Männern als angenehmer bewertet als von Frauen. Warum sich dieser Unterschied zwischen Männern und Frauen zeigte, konnte

in dieser Untersuchung nicht geklärt werden. Im Nachgespräch erwähnten Männer allerdings öfter als Frauen, dass ihnen der Geruch von n-Butanol bekannt sei. Ein möglicher Zusammenhang zwischen der Bekanntheit von Terpentin, das ebenfalls ein Lösungsmittel ist, und der Bewertung von n-Butanol konnte nicht gefunden werden. In der Beurteilung der Verdünnungsstufe drei Stufen über der Schwelle zeigte sich kein Geschlechtsunterschied.

Auch im Verlauf des Zyklus zeigten sich Unterschiede in der Bewertung der Intensität. Der Stift, der drei Verdünnungsstufen über der ermittelten Wahrnehmungsschwelle liegt, wurde von Frauen in der Follikulärphase als intensiver bewertet. Da die Wahrnehmungsschwelle bei Frauen in der Follikulärphase über der in der Lutealphase liegt und somit ein intensiverer Stift vorgegeben wurde, könnte dies auch die Ursache für die intensivere Wahrnehmung dieser Stufe sein. Dieser Schluss liegt auch deshalb nahe, da sich in der Bewertung der höchsten Konzentration kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Zyklusphasen gezeigt hat.

Auch in der hedonischen Bewertung von n-Butanol zeigten sich Unterschiede zwischen den beiden Zyklusphasen. Der Stift mit der höchsten Konzentration wurde in der Follikulärphase als angenehmer bewertet. Dieses Ergebnis ist konsistent mit Ergebnissen zu Untersuchungen mit Schwangeren, bei denen der Östradiolspiegel ebenfalls erhöht ist. Auch hier werden bestimmte Gerüche als unangenehmer beurteilt (vgl Kölble et al., 2001). Die Bewertung der Konzentration drei Stufen über der Schwelle ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Zyklusphasen. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass die Konzentration von n-Butanol in dieser Verdünnungsstufe zu gering ist, um entsprechende Unterschiede in der hedonischen Bewertung hervorzurufen.

Frauen, die die Pille einnehmen, empfanden die höchste Verdünnungsstufe intensiver als Frauen in der Follikulärphase. Zu den Frauen in der Lutealphase zeigte sich kein Unterschied. Diese Ergebnisse stimmen auch mit den Ergebnissen der Geruchstestung überein. Denn auch im SDI-Wert zeigten Frauen, die hormonelle Verhütungsmittel verwenden, einen vergleichbaren Wert wie Frauen in der Lutealphase. In der Bewertung der Konzentration drei Stufen über der Schwelle zeigten sich keine Unterschiede zwischen Frauen

mit und ohne hormonelle Verhütungsmittel. Auch hier wäre eine mögliche Erklärung, dass die Konzentration von n-Butanol zu gering ist, um sich auf die Bewertung der Intensität auszuwirken. In der hedonischen Bewertung von n-Butanol konnten keine Unterschiede zwischen Pilleverwenderinnen und Frauen, die keine hormonellen Verhütungsmittel einsetzen, gefunden werden.

## 8 Kritik und Ausblick

Im Rahmen dieser Untersuchung konnte festgestellt werden, dass es im Verlauf des Menstruationszyklus Unterschiede in der Geruchswahrnehmung gibt. Frauen in der Lutealphase zeigten eine niedrigere Wahrnehmungsschwelle als in der Follikulärphase (vgl. Navarrete-Palacios et al., 2003). Weiters konnte festgestellt werden, dass die Einnahme hormoneller Verhütungsmittel Auswirkungen auf die Geruchswahrnehmung hat. Je länger orale Kontrazeptiva eingenommen wurden, desto bessere Leistungen erzielten die Teilnehmerinnen. Auch Geschlechtsunterschiede in der Diskriminations- und der Identifikationsfähigkeit konnten gefunden werden. Trotz der gefundenen Ergebnisse, zeigten sich auch Schwierigkeiten in dieser Untersuchung.

Ein wesentlicher Schwachpunkt dieser Untersuchung ist die Unterteilung in lediglich zwei Zyklusphasen. Die meisten anderen Untersuchungen unterscheiden zumindest drei, manche sogar vier Zyklusphasen. Diese Einteilung ist dahingehend sinnvoll, da während der Ovulation ein starker Anstieg im Östradiolspiegel stattfindet. Auch während der Menstruationsphase gibt es Veränderungen im Hormonlevel. In dieser Untersuchung konnte aufgrund des Umfangs und des Versuchsdesigns keine Unterteilung in vier Zyklusphasen vorgenommen werden. Für weitere Untersuchungen sollte aber die Unterteilung in vier Zyklusphasen bevorzugt werden.

Auch die Erhebung der Zyklusphase ist in dieser Untersuchung kritisch zu betrachten. Diese wurde anhand der Angaben der Teilnehmerinnen nach der Kalendermethode berechnet. Diese Einteilung ist weniger zuverlässig als eine Zuteilung durch die Ermittlung des aktuellen Hormonspiegels mittels Speichelprobe. Da nicht in jedem Zyklus ein Eisprung stattfindet, sind auch die hormonellen Schwankungen nicht immer gleich. Aufgrund der Erhebung der Zyklusphase durch den Zyklustag konnte darauf keine Rücksicht genommen werden. Eine Erhebung des genauen Hormonstatus durch eine Speichelprobe war in dieser Untersuchung aufgrund mangelnder finanzieller Mittel nicht möglich. Generell ist eine Erhebung des genauen Hormonlevels zu bevorzugen, da bessere Vergleiche der Phasen möglich sind.



Neben der oben genannten Kritik am Studiendesign muss auch das Erhebungsinstrument der Geruchstestung kritisch betrachtet werden. Croy et al. (2009) stellten fest, dass die Vorgabe von n-Butanol vergleichbare Leistungen zu Phenylethylalkohol (Rosenduft) in der Schwellentestung ergibt. Trotzdem sollte PEA für die Schwellentestung bevorzugt werden, da dieser Duftstoff das trigeminale System im Gegensatz zu n-Butanol nicht aktiviert. Somit kann besser auf die eigentliche olfaktorische Leistungsfähigkeit geschlossen werden. Außerdem wird der Duftstoff PEA generell als angenehm empfunden.

Auch die Fragestellung des Schwellentests, die in der Bedienungsanleitung der Sniffin' Sticks angegeben wird, ist problematisch. Hier erhält die Testperson die Aufgabe, herauszufinden, welcher Stift anders riecht. Diese Fragestellung wird eigentlich im Diskriminationstest beantwortet. Im Schwellentest enthalten auch die beiden Stifte, die nicht nach n-Butanol riechen, einen gewissen Geruch. Daher kann es vorkommen, dass Personen nicht den Geruch von n-Butanol wahrnehmen, sondern den Geruch der anderen Stifte und auf dieser Basis ihre Entscheidung treffen.

Im Diskriminationstest ist neben der Fähigkeit zur Unterscheidung von Gerüchen auch das Arbeitsgedächtnis involviert. Die Gerüche müssen im Arbeitsgedächtnis behalten werden. Dann werden diese miteinander verglichen werden. Um eine fundierte Entscheidung treffen zu können, muss sich die Testperson merken, in welcher Reihenfolge die Gerüche präsentiert wurden und welche Duftstoffe ident waren. Daher ist bei der Interpretation der Daten ein möglicher Einfluss der Gedächtnisleistung zu berücksichtigen. Eine weitere Möglichkeit wäre die Erfassung der Gedächtnisleistung durch ein psychologisches Verfahren. Im Nachgespräch erwähnten einige Probanden, dass sie Schwierigkeiten gehabt hätten, sich die Reihenfolge der Gerüche zu merken.

Die Duftstoffe im Identifikationstest werden künstlich erzeugt. Daraus ergeben sich gewisse Unterschiede zu natürlichen Gerüchen. Im Speziellen betrifft das den Duftstoff *Apfel*. Dieser entspricht weniger dem Geruch eines echten Apfels, sondern viel mehr einem künstlichen Apfelaroma. Für Testpersonen, die mit diesem künstlichen Duftstoff nicht sonderlich vertraut sind, ist die Erkennung dieses Geruchs schwierig.

Die Gruppe der Pilleverwenderinnen war in Bezug auf die verwendeten Präparate und deren Dosierungen von Östrogenen und Gestagenen sehr heterogen. Daraus ergibt sich das Problem, dass die Ergebnisse nicht besonders gut verallgemeinerbar sind. Es sollte darauf geachtet werden, dass Präparate der Teilnehmerinnen zumindest dieselbe Kombination und Dosierung von Östrogenen und Gestagenen enthalten.

Für weitere Untersuchungen sollte die Bewertung der Hedonik und der Intensität nicht nur für den Geruch der Schwellentestung, sondern für alle Gerüche des Identifikationstests erhoben werden. Um die Erhebung der Identifikationsleistung nicht zu beeinflussen, sollte diese nach der Geruchstestung durchgeführt werden. Diese Erhebung kann genaueren Aufschluss über Wahrnehmung von verschiedenen Gerüchen geben. Interessant wäre hier auch eine Erhebung der Vertrautheit der Gerüche. Gerüche, die einer Person besser bekannt sind, werden möglicherweise auch als angenehmer beurteilt.

Im Nachgespräch mit einigen Teilnehmerinnen hat sich gezeigt, dass viele Probanden während des Schwellentests der Meinung waren nur zu raten. Daher wäre es sinnvoll, eine Erhebung durchzuführen, wie sicher sich die Testpersonen in ihren Antworten sind. Vor allem Frauen in der Follikulärphase berichteten von Schwierigkeiten während des Schwellentests, da sie das Gefühl hatten nur zu raten und nichts zu riechen.

Weitere interessante Fragestellungen könnten auch mögliche Veränderungen in der Diskriminationsfähigkeit und der Identifikationsleistung bei Frauen nach dem Ausbleiben der Menstruation bzw. unter Einsatz einer Hormonersatztherapie sein. Bisher wurde in diesem Bereich hauptsächlich Untersuchungen zur Wahrnehmungsschwelle durchgeführt. Eine weitere zu untersuchende Fragestellung könnte der Unterschied in der Schwellentestung zwischen n-Butanol und PEA bei gesunden Probanden sein. So könnte der Einfluss des verwendeten Duftstoffs näher untersucht werden. Eine Untersuchung mit ähnlichem Design könnte auch mit der Unterstützung bildgebender Verfahren durchgeführt werden. So könnte untersucht werden, ob die Unterschiede auf Veränderungen in der kognitiven Verarbeitung zurückzuführen sind.

## Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Einfluss von hormonellen Schwankungen im Verlauf des Menstruationszyklus sowie der Beeinflussung durch die Einnahme oraler Kontrazeptiva auf die Geruchswahrnehmung. Dazu wurden die Teilbereiche Wahrnehmungsschwelle, Diskriminations- und Identifikationsfähigkeit untersucht. Diese Fragestellung ist von Interesse, da die Datenlage zum Einfluss hormoneller Veränderungen auf die Geruchswahrnehmung bisher in weiten Bereichen inkonsistent ist. Außerdem wurden bisher ausschließlich Untersuchungen zur Wahrnehmungsschwelle durchgeführt.

Untersucht wurden 80 Kaukasier, davon 60 Frauen und 20 Männer im Alter von 18 bis 44 Jahren. Die 60 Frauen unterteilten sich in 20 Pilleverwenderinnen und 40 Frauen, die keine hormonellen Verhütungsmittel einsetzen. Von diesen 40 Frauen befanden sich 20 zum Zeitpunkt der Ersttestung in der Follikulärphase, die anderen 20 in der Lutealphase. Alle 80 Personen wurden im Abstand von zwei bis sieben nach der ersten Testung erneut untersucht. Dabei wurde bei den Frauen, die keine Hormone einnahmen, darauf geachtet, dass jene, die zum ersten Untersuchungstermin in der Follikulärphase getestet wurden, die zweite Untersuchung in der Lutealphase stattfand und umgekehrt.

Alle Testpersonen hatten zumindest Maturaabschluss und waren Nichtraucher. Es zeigten sich keine Unterschiede in Bezug auf die eigene Bildung und den familiären Bildungshintergrund. Um mögliche Einflüsse der kognitiven Leistungsfähigkeit kontrollieren zu können, wurden die kristalline Intelligenz, die Verarbeitungsgeschwindigkeit und die kognitive Flexibilität gemessen. Auch die aktuelle Stimmung wurde erhoben, um mögliche Beeinflussungen feststellen zu können.

Die Erhebung der Riechleistung erfolgte mit Sniffin' Sticks der Firma Burghart Medizintechnik. Es handelt sich dabei um Filzstifte, die mit Duftstoffen gefüllt sind. Im Schwellentest wurde die Wahrnehmungsschwelle für n-Butanol in einem single-staircase Verfahren mit drei Antwortalternativen durchgeführt.

Für die Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle stehen 16 verschiedene Konzentrationen von n-Butanol zur Verfügung. Im Diskriminationstest werden 16 Triplets an Stiften nacheinander präsentiert. Jedes Triplet besteht aus einem Duftstoffpaar und einem Einzelgeruch. Ziel der Untersuchung ist es, den Stift herauszufinden, der den Einzelgeruch enthält. Im Identifikationstest werden 16 verschiedene Duftstoffe vorgegeben. Die Testperson hat die Aufgabe, anhand einer Antwortkarte mit vier Antwortmöglichkeiten den Geruch zu benennen. Es werden Ergebnisse pro Teilttest und für den Gesamtscore (SDI) ausgewertet.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass es zu einer Veränderung der Riechfähigkeit zwischen den beiden Zyklusphasen kommt. Frauen in der Lutealphase erreichten in allen Teilbereichen höhere Werte als in der Follikulärphase, allerdings zeigten nur der SDI-Wert und die Wahrnehmungsschwelle signifikante Unterschiede auf. Frauen, die hormonelle Verhütungsmittel einnehmen, zeigten im SDI-Wert ähnliche Ergebnisse, wie Frauen in der Lutealphase. Dieses Ergebnis lässt darauf schließen, dass die Veränderung des Hormonspiegels Einfluss auf die Leistung im Geruchstest hat.

Der Geruch von n-Butanol in der stärksten Konzentration wurde von Frauen in der Lutealphase als unangenehmer bewertet. Die Konzentration, die drei Stufen über der Schwelle liegt, wurde von Frauen in der Follikulärphase als intensiver bewertet. Diese Ergebnisse kann dadurch begründet werden, dass die Wahrnehmungsschwelle weniger sensitiv war, und die Stifte daher auch tatsächlich intensiver waren. Diese Begründung wird durch den fehlenden Unterschied in der Intensitätsbewertung der stärksten Konzentration gestützt.

Als weitere Forschungsansätze sind Untersuchungen mit Frauen mit bzw. ohne Hormonersatztherapie nach der Menopause von Interesse. Außerdem sollte genauer darauf eingegangen werden, ob die Testpersonen das Gefühl haben zu raten, oder ob sie sicher sind richtig zu liegen.

# Literatur

- AT&T Laboratories Cambridge, Apasphere Ltd. and others. (2006). FileMaker Pro. Olfactory testing using the Sniffin Sticks (OLAF) [Computer Software] Cambridge: AT&T Laboratories Cambridge, Apasphere Ltd. and others. Verfügbar unter: [http://www.tu-dresden.de/medkhno/riechen\\_schmecken/download.htm](http://www.tu-dresden.de/medkhno/riechen_schmecken/download.htm)
- Ackerman, B. H. & Kasbekar, N. (1997). Disturbances of taste and smell induced by drugs. *Pharmacotherapy*, 17-482-496.
- Amoore, J. E. (1970). *Molecular Basis of Odor*. Springfield: Charles C. Thomas.
- Anderson, J. R. (2001). *Kognitive Psychologie*. 3. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Baca-García, E., Díaz-Sastre, C., de Leon, J. & Saiz-Ruiz, J. (2000). The relationship between menstrual cycle phases and suicide attempts. *Psychosomatic Medicine*, 62, 50-60.
- Bachmann, W. (1982). *Die Funktionsdiagnostik der behinderten Nasenatmung. Einführung in die Rhinomanometrie*. Berlin: Springer.
- Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A. (2009). *Neurowissenschaften. Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie*. 3. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Behl. C. (2001). *Estrogen – Mystery Drug for the Brain? The Neuroprotective Activities of the Female Sex Hormone*. Wien: Springer.
- Benetto, L., Kushner, E. S. & Hyman, S. L. (2007). Olfaction and taste processing in Autism. *Biological Psychiatry*, 62, 1015-1021.
- Bensafi, M., Tsutsui, T., Khan, R., Levenson, R. W. & Sobel, N. (2004). Sniffing a human sex-steroid derived compound affects mood and autonomic

- arousal in a dose-dependent manner. *Psychoneuroendocrinology*, 29, 1290-1299.
- Berglund, H., Lundström, P. & Savic, I. (2006). Brain response to putative pheromones in lesbian women. *PNAS*, 103, 8269-8274.
- Berufsverband der Frauenärzte e. V. Frauenärztze im Netz. (2011a). Pille. Mini- und Mikropille. Zugriff am: 13.09.2010. Verfügbar unter: [http://www.frauenaerzte-im-netz.de/de\\_pille-mikro-und-minipille\\_672.html](http://www.frauenaerzte-im-netz.de/de_pille-mikro-und-minipille_672.html).
- Berufsverband der Frauenärzte e. V. Frauenärztze im Netz. (2011b). „Pille danach“. Wirkung & Sicherheit. Zugriff am: 13.09.2010. Verfügbar unter: [http://www.frauenaerzte-im-netz.de/de\\_pille-danach-wirkung-sicherheit\\_716.html](http://www.frauenaerzte-im-netz.de/de_pille-danach-wirkung-sicherheit_716.html).
- Birbaumer, N. & Schmitdt, R. F. (2006). *Biologische Psychologie*. (6. Auflage). Heidelberg: Springer Verlag.
- Bohnen, N. I., Gedela, S., Herath, P., Constantine, G. M. & Moore, R. Y. (2008). Selective hyposmia in Parkinson disease: Association with hippocampal dopamine activity. *Neuroscience Letters*, 447, 12-16.
- Bond, A. J., Critchlow, D. G. & Wingrove, J. (2003). Conflict resolution in women is related to trait aggression and menstrual cycle phase. *Aggressive Behavior*, 29, 228-238.
- Bone, P. F. & Ellen, P. S. (1999). Scents in the marketplace: Explaining a fraction of olfaction. *Journal of Retailing*, 75, 243-262.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. 4. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Brambilla, F., Specia, A., Pacchiarotti, I. & Biondi, M. (2010). Hormonal background of physiological aggressiveness in psychologically healthy women. *International Journal of Psychophysiology*, 75, 291-294.

- Buck, L. & Axel, R. (1991). A Novel multigene family may encode odorant receptors: A molecular basis for odor recognition. *Cell*, 65, 175-187.
- Cameron, E. L. (2007). Measures of human perception during pregnancy. *Chemical Senses*, 32, 775-782.
- Caruso, S., Grillo, C., Agnello, C., Di Mari, L., Farina, M. & Serra, A. (2004). Olfactometric and rhinomanometric outcomes in post-menopausal women treated with hormone therapy: A prospective study. *Human Reproduction*, 19, 2959-2964.
- Caruso, S., Grillo, C., Agnello, C., Maiolino, L., Intelisano, G. & Serra, A. (2001). A prospective study evidencing rhinomanometric and olfactometric outcomes in women taking oral contraceptives. *Human Reproduction*, 16, 2288-2294.
- Clark, D. M. & Teasdale, J. D. (1985). Constraints on the effects of mood on memory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48, 1595-1608.
- Comer, R. J. (2008). *Klinische Psychologie*. (6. Auflage). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Cometto-Muniz, J. E. & Cain, W. S. (1998). Trigeminal and olfactory sensitivity; comparison of modalities and methods of measurement. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 71, 105-110.
- Conway, C. A., Jones, B. C., DeBruine, L. M., Welling, L. L. M., Law Smith, M. J., Perret, D. I., Sharp, M. A. & Al-Dujaili, E. A. S. (2007). Salience of emotional displays of danger and contagion in faces is enhanced when progesterone levels are raised. *Hormones and Behavior*, 51, 202-206.
- Crespo-Falcorro, B., Paradiso, S., Andreasen, N., O'Leary, D. S., Watkins, D. L., Ponto, L. L. B. & Hichwa, R. D. (2001). Neural mechanisms of anhedonia in Schizophrenia: A PET study of response to unpleasant and pleasant odors. *Journal of the American Medical Association*, 286, 427-435.

- Croy, I., Lange, K., Krone, F., Negoias, S., Seo, H. S. & Hummel, T. (2009). Comparison between odor thresholds for Phenyl Ethyl Alcohol and Butanol. *Chemical Senses*, 34, 523-527.
- Dalton, K. (1960). Menstruation and accidents. *British Medical Journal*, 2, 1425-1426.
- Demal, U. (1999). *SKIDPIT-light Screeningbogen*. Universität Wien.
- Demattè, M. L., Österbauer, R. & Spence, R. (2007). Olfactory cues modulate facial attractiveness. *Chemical Senses*, 32, 603-610.
- Derntl, B., Kryspin-Exner, I., Fernbach, E., Moser, E. & Habel, U. (2008). Emotion recognition accuracy in healthy young females is associated with cycle phase. *Hormones and Behavior*, 53, 90-95.
- Diamond, C. (1991). Ear, nose and throat disorders. In: Davies, D. M. (Hrsg.). *Textbook of Adverse Drug Reactions*. Fourth Edition. Oxford: Oxford University Press.
- Doty, R. L. & Cameron, E. L. (2009). Sex differences and reproductive hormone influence on human odor perception. *Physiology & Behavior*, 97, 213-228.
- Epting, L. K. & Overman, W. H. (1998). Sex-sensitive tasks in men and women: A search for performance fluctuations across the menstrual cycle. *Behavioral Neuroscience*, 112, 1304-1317.
- Eysenck, M. W. (2001). *Principles of cognitive psychology*. 2nd edition. Hove: Psychology Press.
- Faller, A. & Schünke, M. (2008). *Der Körper des Menschen. Einführung in Bau und Funktion*. (15. Auflage). Stuttgart: Thieme.
- Field, A. (2005). *Discoverings statistics using SPSS*. 2. Auflage. London: Sage Publications.
- Finkelmeyer, A., Kellermann, T., Bude, D., Nießen, T., Schwenzer, M., Mathiak, K. & Reske, M. (2010). Effects of aversive odour presentation on in-



- hibitory control in the Stroop colour-word inference task. *BMC Neuroscience*, 11, 131. Verfügbar unter <http://www.biomedcentral.com/1471-2202/11/131> [Zugriff am 15. Dezember, 2010]
- Frasnelli, J. & Hummel, T. (2007). Interactions between the chemical senses: Trigeminal function in patients with olfactory loss. *International Journal of Psychophysiology*, 65, 177-181.
- Frasnelli, J., Schuster, B. & Hummel, T. (2006). Interactions between olfaction and the trigeminal system: What can be learned from olfactory loss. *Cerebral Cortex*, 17, 2268-2275.
- Fusari, A. & Ballesteros, S. (2008). Identification of odors of edible and nonedible stimuli affected by age and gender. *Behavior Research Methods*, 40, 752-759.
- Gasbarri, A., Pompili, A., d'Onofrio, A., Cifariello, A., Tavares, M. C. & Tomaz, C. (2008). Working memory for emotional facial expressions: Role of the estrogen in young women. *Psychoneuroendocrinology*, 33, 964-972.
- Gonda, X., Telek, T., Juhász, G., Lazary, J., Vargha, A. & Bagdy, G. (2008). Patterns of mood changes throughout the reproductive cycle in healthy women without premenstrual dysphoric disorders. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 32, 1782-1788.
- Grillo, C., La Mantia, I., Triolo, C., Scollo, A., La Boria, A., Intelisano, G. & Caruso, S. (2001). Rhinomanometric and olfactometric variations throughout the menstrual cycle. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*, 110, 785-789.
- Grimbizis, G. F. & Tarlatzis, B. C. (2009). The use of hormonal contraception and its protective role against endometrial and ovarian cancer. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics and Gynaecology*, 24, 29-38.
- Gross-Isseroff, R., Luca-Haimovici, K., Sasson, Y., Kindler, S., Kotler, M. & Zohar, J. (1994). Olfactory sensitivity in major depressive disorder and obsessive compulsive disorder. *Biological Psychiatry*, 35, 798-802.

- Haider, Z. & D'Souza, R. (2009). Non-contraceptive benefits and risks of contraception. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics and Gynaecology*, 23, 249-262.
- Hampson, E. (2002). Sex differences in human brain and cognition: The influence of sex steroids in early and adult life. In: Becker, J. B., Breedlove, S. M., Crews, D. & McCarthy, M. M. (Hrsg.) *Behavioral Endocrinology*. Second Edition. Cambridge/Mass.: The MIT Press.
- Haselton, M. G., Mortezaie, M., Pillsworth, E. G., Bleske-Rechek, A. & Frederick, D. A. (2007). Ovulatory shifts in human female ornamentation: Near ovulation, women dress to impress. *Hormones and Behavior*, 51, 40-45.
- Hatt, H. & Dee, R. (2008). *Das Maiglöckchen-Phänomen*. München: Piper.
- Hatta, T. & Nagaya, K. (2009). Menstrual cycle phase effects on memory and Stroop task performance. *Archives of Sexual Behavior*, 38, 821-827.
- Henderson, V. W. (2006). Estrogen-containing hormone therapy and Alzheimer's Disease risk: Understanding discrepant inferences from observational and experimental research. *Neuroscience*, 138, 1031-1039.
- Henkin, R. I. (1994). Drug-induced taste and smell disorders. Incidence, mechanisms and management related primarily to treatment of sensory receptor dysfunction. *Drug Safety*, 11, 318-377.
- Herz, R. & Engen, T. (1996). Odor memory: Review and analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 300-313.
- Holland, R. W., Hendriks, M. & Aarts, H. (2005). Smells like clean spirit: Non-conscious Effects of Scent on Cognition and Behavior. *Psychological Science*, 16, 689-693.
- Hromatko, I., Tadinac, M. & Vranic, A. (2008). Femininity and masculinity across the menstrual cycle: A relation to mate view. *Collegium Antropologicum*, 32, 81-86.

- Huber, T. J. (2003). *Hirn und Hormone. Gonadale Hormone bei psychotischen Störungen*. Frankfurt/Main: Peter Lang.
- Hummel, T. (2004). 'Sniffin' Sticks. Riechstifte – Bedienungsanleitung. Zugriff am 24. Mai 2010. Verfügbar unter: [http://www.tu-dresden.de/medkhno/riechen\\_schmecken/sticks\\_deu.pdf](http://www.tu-dresden.de/medkhno/riechen_schmecken/sticks_deu.pdf)
- Hummel, T., Kobal, G., Gudziol, H. & Mackay-Sim, A. (2007). Normative data for the "Sniffin' Sticks" including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: an upgrade based on a group of more than 3,000 subjects. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 264, 237-243.
- Hummel, T., Sekinger, B., Wolf, S. R., Pauli, E. & Kobal, G. (1997). 'Sniffin' Sticks': Olfactory performance assessed by the combined testing and odor identification, odor discrimination and olfactory threshold. *Chemical Senses*, 22, 39-52.
- Hummel, T., von Merig, R., Huch, R. & Köhler, N. (2002). Olfactory modulation of nausea during early pregnancy. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 109, 1394-1397.
- Johnson, B., Khan, R. M. & Sobel, N. (2008). Human olfactory psychophysics. In: Firestein, S. & Beauchamp, G. K. (Hrsg.) *The Senses: A comprehensive Reference*. Volume 4 Olfaction and Taste. Oxford: Elsevier.
- Johnston, V. S., Hagel, R., Franklin, M., Fink, B. & Grammer, K. (2001). Male facial attractiveness. Evidence for hormone-mediated adaptive design. *Evolution and Human Behavior*, 22, 251-267.
- Kajantie, E. & Phillips, D. I. W. (2006). The effects of sex and hormonal status on the physiological response to acute psychosocial stress. *Psychoneuroendocrinology*, 31, 151-178.
- Karpa, M. J., Gopinath, B., Rochtchina, E., Wang, J. J., Cumming, R. G., Sue, C. M. & Mitchell, P. (2010). Prevalence and neurodegenerative or other associations with olfactory impairment in an older community. *Journal of Aging and Health*, 22, 154-168.

- Keller, Erich (2002). *Duft und Gemüt*. Regensburg: RiWei-Verlag.
- Kendal-Reed, M., Walker, J. C., Morgan, W. T., Lamacchio, M. & Lutz, R. W. (1998). Human responses to propionic acid. I. Quantification of within- and between-participant variation in perception by normosmics and anosmics. *Chemical Senses*, 23, 71-82.
- Kölble, N., Hummel, T., von Merig, R., Huch, A. & Huch, R. (2001). Gustatory and olfactory function in the first trimester of pregnancy. *European Journal of Obstetrics & Gynaecology and Reproductive Biology*, 99, 179-183.
- Kopala, L. C., Good, K. P., Bassett, A. S., Alda, M. & Honer, W. G. (2001). Impaired olfactory identification in relatives of patients with familial Schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 158, 1286-1290.
- Köster, E. P. (2002). The specific characteristics of the sense of smell. In: Rouby, C., Schaal, B., Dubois, D. Gervais, R. & Holley, A. (Hrsg.) *Olfaction, Taste and Cognition* (S. 27 – 43). Cambridge: Cambridge University Press.
- Labbe, D., Rytz, A. Morgenegg, C., Ali, S. & Martin, N. (2007). Subthreshold olfactory stimulation can enhance sweetness. *Chemical Senses*, 32, 2005-214.
- Larsson, M., Finkel, D. & Pedersen, N. L. (2000). Odor identification: Influence of age, gender, cognition, and personality. *Journal of Gerontology*, 55B, 304-310.
- Larsson, M., Nilsson, L.G., Olofsson, J. K. & Nordin, S. (2004). Demographic and cognitive predictors of cued odor identification: Evidence from a Population-based Study. *Chemical Senses*, 29, 547-554.
- Lavin, J. G. & Lawless, H. T. (1998). Effects of color and odor on judgements of sweetness among children and adults. *Food Quality Preferences*, 9, 283-289.
- Lehrl, S. (1995) *Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest: MWT-B*. Balingen: Spitta Verlag.

- Ludvigson, H. W. & Rottman, T. R. (1989). Effects of ambient odor of lavender and cloves on cognition, memory, affect and mood. *Chemical Senses*, 14, 525-536.
- Lundström, J. N. Gonçalves, M., Esteves, F. & Olsson, M. J. (2003). Psychological effects of subthreshold exposure to the putative human pheromone 4,16-androstadien-3-one. *Hormones and Behavior*, 44, 395-401.
- Macrae, C. N., Alnwick, K. A., Milne, A. B. & Schloerscheidt, A. M. (2002). Person perception across the menstrual cycle: Hormonal influences on social cognition. *Psychological Science*, 13, 532-536.
- Maki, P. M., Rich, J. B. & Rosenbaum, R. S. (2002). Implicit memory varies across the menstrual cycle: estrogen effects in young women. *Neuropsychologia*, 40, 518-529.
- Malespina, D. & Coleman, E. (2003). Olfaction and social drive in Schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 60, 578-584.
- Miles, C. Green, R. Sanders, G. & Hines, M. (1998). Estrogen and memory in a transsexual population. *Hormones and Behavior*, 34, 199-208.
- Mordecai, K. L., Rubin, L. H. & Maki, P. M. (2008). Effects of menstrual cycle phase and oral contraceptive use on verbal memory. *Hormones and Behavior*, 54, 286-293.
- Navarrete-Palacios, E., Hudson, R., Reyes-Guerrero, G. & Guevara-Guzmán, R. (2003a). Lower olfactory threshold during the ovulatory phase of the menstrual cycle. *Biological Psychology*, 63, 269-279.
- Navarrete-Palacios, E., Hudson, R., Reyes-Guerrero, G. & Guevara-Guzmán, R. (2003b). Correlation between cytology of the nasal epithelium and the menstrual cycle. *Archives of Otolaryngology-Head and Neck Surgery* 129, 460-463.
- Negoias, S., Croy, I., Gerber, J., Puschmann, S., Petrowski, K., Joraschky, P. & Hummel, T. (2010). Reduced olfactory bulb volume and olfactory sen-

- sitivity in patients with acute Major Depression. *Neuroscience*, 169, 415-421.
- Nordin, S., Broman, D., Bringlöv, E. & Wulff, M. (2007). Intolerance to ambient odors at an early stage of pregnancy. *Scandinavian Journal of Psychology*, 48, 339-343.
- Nordin, S., Broman, D. & Wulff, M. (2005). Environmental odor intolerance in pregnant women. *Physiology & Behavior*, 84, 175-179.
- Ochsenbein-Kölble, N., von Merig, R., Zimmermann, R. & Hummel, T. (2007). Changes in olfactory function in pregnancy and postpartum. *International Journal of Gynaecology and Obstetrics*, 97, 10-14.
- Oertel, W. H. & Hartmann, A. (1999). The pathology of Parkinson's disease and its differentiation from other parkinsonian disorders. In: LeWitt, P. A. & Oertel, W. H. (Hrsg.). *Parkinson's Disease. The treatment options*. London: Martin Dunitz Ltd.
- Olofsson, J. K., Broman, D. A., Wulff, M., Martinkauppi, M. & Nordin, S. (2005). Olfactory and chemosensory function in pregnant women assessed with event-related potentials. *Physiology & Behavior*, 86, 252-257.
- Olsson, M. J., Lundström, J. N., Diamantopoulou, S. & Esteves, F. (2006). A putative female pheromone affects mood in men differently depending on social context. *Revue européenne de psychologie appliqué*, 56, 279-284.
- Österlund, M. K. & Hurd, Y. L. (2001). Estrogen receptors in the human forebrain and the relation to neuropsychiatric disorders. *Progress in Neurobiology*, 64, 251-267.
- Parlee, M. B. (1983). Menstrual rhythms in sensory processes: A review of fluctuations in vision, olfaction, audition, taste and touch. *Psychological Bulletin*, 93, 539-548.

- Pause, B. M. (2004). *Über den Zusammenhang von Geruch und Emotion und deren Bedeutung für klinisch-psychologische Störungen des Affektes*. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Pause, B. M., Miranda, A., Göder, R. Aldenhoff, J. B. & Ferstl, R. (2001) Reduced olfactory performance in patients with major depression. *Journal of Psychiatric Research*, 35, 271-277.
- Pause, B. M., Sojka, B., Krauel, K., Fehm-Wolfsdorf, G. & Ferstl, R. (1996). Olfactory information processing during the course of the menstrual cycle. *Biological Psychology*, 44, 31-54.
- Pearson, R. & Lewis, M. B (2005). Fear recognition across the menstrual cycle. *Hormones and Behavior*, 47, 267-271.
- Penton-Voak, I. S. & Perrett, D. I. (2000). Female preference for male faces changes cyclically: Further evidence. *Evolution and Human Behavior*, 21, 39-48.
- Pierson, W. R. & Lockhart, A. (1963). Effect of menstruation on simple reaction and movement time. *British Medical Journal*, 1, 796-797.
- Pine, K. J. & Fletcher, B. (C) (2011). Women's spending behavior is menstrual-cycle sensitive. *Personality and Individual Differences*, 50, 74-78.
- Plattig, K. H. (1995). *Spürnasen und Feinschmecker. Die chemischen Sinne des Menschen*. Berlin: Springer Verlag.
- Power Calculator des Instituts für Medizinische Statistik (2010). Zugriff am 10.11.2009 Verfügbar unter: [http://statistics.msi.meduniwien.ac.at/index.php?page=Sample\\_Size\\_Calculations](http://statistics.msi.meduniwien.ac.at/index.php?page=Sample_Size_Calculations)
- Rawson, N. (2000). Human Olfaction. In: Finger, T. E., Silver, W. C. & Restrepo, D. (Hrsg.) *The neurobiology of taste and smell*. 2. edition. New York: Wiley-Liss.

- Razani, J., Chan, A., Nordin, S. & Murphy, C. (2010). Semantic Networks for Odors and Colours in Alzheimer's Disease. *Neuropsychology*, 24, 291-299.
- Reitan, R.M. (1959). *A manual for the administrating and scoring of the Trail Making Test*. Indiana University Press: Indianapolis.
- Resnick, A., Perry, W., Parry, B., Mostofi, N. & Udell, C. (1998). Neuropsychological performance across the menstrual cycle in women with and without premenstrual dysphoric disorder. *Psychiatry Research*, 77, 147-158.
- Sanders, D., Warner, P., Bäckström, T. & Bancroft, J. (1983). Mood, sexuality, hormones and the menstrual cycle. I. Changes in mood and physical state: Description of subjects and method. *Psychosomatic Medicine*, 45, 487-501.
- Schandry, R. (2006). *Biologische Psychologie*. (2. Auflage). Weinheim: Beltz Verlag.
- Seifert, J. (2005). *Ereigniskorrelierte EEG-Aktivität*. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Serby, M. J., Larson, P. M. & Kalkstein, D. (1992). Olfaction and neuropsychiatry. In M. J. Serby & K. L. Chobor (Hrsg.) *Science of Olfaction* (S. 559-584). New York: Springer Verlag.
- Serby, M. J., Larson, P. M. & Kalkstein, D. (1990). Olfactory sense in psychoses. *Biological Psychiatry*, 28, 830.
- Seubert, J., Rea, A. F., Loughhead, J. & Habel, U. (2009). Mood induction with olfactory stimuli reveals differential affective responses in male and female. *Chemical Senses*, 34, 77-84.
- Sherwin, B. B. (2003). Estrogen and cognitive functioning in women. *Endocrine Reviews*, 24, 133-151.
- Smeets, M. A. M., Veldhuizen, M. G., Galle, S., Gouwloos, J., de Haan, A. M. J. A., Vernooij, J., Visscher, F. & Kroeze, J. H. A. (2009). Sense of smell



- disorder and health-related quality of life. *Rehabilitation Psychology*, 54, 404-412.
- Steinbach, S., Staudenmaier, R., Hummel, T. & Arnold, W. (2008). Riechverlust im Alter. Eine häufige, wenig beachtete Störung mit bedeutenden Auswirkungen. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 41, 394-402.
- Stoddart, D. M. (1995). Das Rätsel des Geruchssinnes. Eine evolutionsbiologische Deutung der Reaktionen auf menschliche Gerüche. In: Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland GmbH (Hrsg.). *Das Riechen. Von Nasen, Düften und Gestank*. Göttingen: Steidl Verlag.
- Suzuki, Y., Critchley, H. D., Rowe, A., Howlin, P. & Murphy, D. G. M. (2003). Impaired olfactory identification in Asperger's Syndrome. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 15, 105-107.
- Swallow, B. L., Lindow, S. W., Aye, M., Masson, E. A., Alasalvar, C., Quantick, P. & Hanna, J. (2005). Smell perception during early pregnancy: no evidence of an adaptive mechanism. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 112, 57-62.
- Swiecicki, L., Zatorski, P., Bzinkowska, D., Sienkiewicz-Jarosz, H. Szyndler, J. & Scinska, A. (2009). Gustatory and olfactory function in patients with unipolar and bipolar depression. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 33, 827-834.
- Szarewski, A., Mansour, D. & Shulman, L. P. (2010). 50 years of "The Pill": celebrating a golden anniversary. *The Journal of Family Planning and Reproductive Health Care*, 36, 231-238.
- Terburg, D., Morgan, B. & van Honk, J. (2009). The testosterone-cortisol ratio: A hormonal marker for proneness to social aggression. *International Journal of Law and Psychiatry*, 32, 216-233.
- Thomas, H. J., Fries, W. & Diestel, H. (2002). Bewertung von Geruchsreizen bei depressiv Erkrankten. *Nervenarzt*, 73, 71-77.

- Turetsky, B. I., Moberg, P. J., Arnold, S. E., Doty, R. L. & Gur, R. E. (2003). Low olfactory bulb volume in first-degree relatives of patients with Schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 160, 703-708.
- Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Klinik und Poliklinik für Neurologie. (2006). Trigeminalneuralgie. Zugriff: 14.12. 2010. [http://www.uke.de/kliniken/neurologie/index\\_31282.php](http://www.uke.de/kliniken/neurologie/index_31282.php)
- Walla, P., Hufnagl, B., Lehrner, J., Mayer, D., Lindinger, G., Imhof, H., Deeke, L. & Lang, W. (2003). Olfaction and depth of word processing: A magnetoencephalographic study. *NeuroImage*, 18, 104-116.
- Walla, P., Mayer, D., Deeke, L. & Lang, W. (2005). How chemical information processing interferes with face processing: a magnetoencephalographic study. *NeuroImage*, 24, 111-117.
- Wang, J., Eslinger, P. J., Doty, R. L., Zimmerman, E. K., Grunfeld, R., Sun, X., Meadowcroft, M. D., Conner, J. R., Price, J. L., Smith, M. B. & Yang, Q. X. (2010). Olfactory deficit detected by fMRI in early Alzheimer's disease. *Brain Research*, 1357, 184-194.
- Warrenburg, S. (2005). Effects of Fragrance on Emotions: Moods and Physiology. *Chemical Senses*, 30, Suppl. 1, i248-i249.
- Watanabe, K., Umezu, K. & Kurahashi, T. (2002). Human olfactory contrast changes during the menstrual cycle. *Japanese Journal of Physiology*, 52, 353-359.
- Watson, D., Clark, L. A. & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 1063-1070.
- Wilson, D. A. & Stevenson, R. J. (2003). The fundamental role of memory in olfactory perception. *Trends in Neurosciences*, 26, 243-247.
- Wittchen, H. U., Zaudig, M. & Fydrich, T. (1997). *Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV*. Göttingen: Hogrefe.

- Wong, K. K., Muller, M. L. T. M., Kuwabara, H., Studenski, S. A. & Bohnen, N. I. (2010). Olfactory loss and nigrostriatal dopaminergic denervation in the elderly. *Neuroscience Letters*, 484, 163-167.
- Wysocki, C. J., Cowart, B. J. & Radil, T. (2003). Nasal trigeminal chemosensitivity across the adult life span. *Perception & Psychophysics*, 65, 115-122.
- Xu, H., Wang, R., Zhang, Y.W. Xue, Zhang, X. (2006). Estrogen,  $\beta$ -amyloid metabolism/ trafficking, and Alzheimer's Disease. *Annals of the New York Academy of Science*, 1089, 324-342.
- Yousem, D. M., Maldjian, J. A., Siddiqi, F., Hummel, T., Alsop, D. C., Geckle, R. J., Bilker, W. B. & Doty, R. L. (1999). Gender effects on odor-stimulated functional magnetic resonance imaging. *Brain Research*, 818, 480-487.
- Zelano, C., Montag, J., Khan, R. & Sobel, N. (2009). A specialized odor memory buffer in primary olfactory cortex. PLoS ONE, 4, e4965. doi:10.1371/journal.pone.0004965. Zugriff am: 12.10.2010. Verfügbar unter: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0004965#ack>
- Zivadinov, R., Zorzon, M., Monti Bragadin, L., Pagliaro, G. & Cazzato, G. (1999). Olfactory loss in multiple sclerosis. *Journal of the Neurological Sciences*, 168, 127-130.

# Anhang

## Anhang A: Probandeninformation und Einwilligungserklärung

Der Einfluss von Hormonen auf die Geruchswahrnehmung, Version 2.0

29.04.2010

### Probandeninformation und Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie

#### Der Einfluss von Hormonen auf die Geruchswahrnehmung

Sehr geehrter Teilnehmer, sehr geehrte Teilnehmerin,

Wir laden Sie ein, an der oben genannten Studie teilzunehmen. Die Aufklärung darüber erfolgt in einem ausführlichen Gespräch.

**Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig und kann jederzeit, ohne Angabe von Gründen, durch Sie beendet werden, ohne dass Ihnen hierdurch Nachteile entstehen.**

Diese Studie ist notwendig, um verlässliche neue medizinisch/psychologische Forschungsergebnisse zu gewinnen. Unverzichtbare Voraussetzung für die Durchführung dieser Studie ist jedoch, dass Sie Ihr Einverständnis zur Teilnahme an dieser Studie schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text als Ergänzung zum Informationsgespräch sorgfältig durch und zögern Sie nicht, Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur

- wenn Sie Art und Ablauf der Studie vollständig verstanden haben,
- wenn Sie bereit sind, der Teilnahme zuzustimmen und
- wenn Sie sich über Ihre Rechte als Teilnehmerin / Teilnehmer an dieser Studie im Klaren sind.

Diese Studie, die ProbandInneninformation und Einwilligungserklärung wurden von der zuständigen Ethikkommission geprüft und positiv beurteilt.

#### **1. Was ist der Zweck dieser Studie?**

Hormone haben vielfältigen Einfluss auf den menschlichen Körper. Unter anderem wird auch die Geruchswahrnehmung durch Hormone beeinflusst. Im Rahmen dieser Studie soll untersucht werden, wie sich die Geruchswahrnehmung bei Männern und bei Frauen mit unterschiedlichem Hormonstatus aufgrund des Menstruationszyklus unterscheidet. Auch hormonelle Verhütungsmittel greifen in diesen hormonellen Kreislauf ein. Daher stellt sich die Frage, wie die Geruchswahrnehmung durch die Einnahme von Hormonen beeinflusst wird.

#### **2. Wie läuft diese Studie ab?**

Diese Studie wird an der Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Medizinische Universität Wien und dem Institut für Klinische, Biologische und Differentielle Psychologie, Fakultät für Psychologie, Universität Wien durchgeführt. Es werden insgesamt 80 gesunde Probanden/Probandinnen (20/60) eingeschlossen. Bei allen Teilnehmern/-innen wird eine ***zweimalige Testung der Geruchsleistung*** durchgeführt. Darüber hinaus werden bei der ersten Testung folgende psychologische Verfahren eingesetzt: Zwei Verfahren zur groben Abschätzung der kognitiven Leistungsfähigkeit: einmal werden Ihnen 5 Wörter präsentiert und Sie sollen das richtige

auswählen, beim anderen Verfahren werden Sie gebeten so schnell als möglich Zahlen bzw. Buchstaben miteinander zu verbinden. Weiters wird ein klinisch-psychologisches Screening, das als kurzes Interview durchgeführt wird, vorgegeben. Sowohl bei der ersten als auch der zweiten Testung wird die aktuelle Stimmung der Teilnehmer/-innen mittels eines eigenen Fragebogens erhoben. Hierbei werden den Teilnehmer/-innen 20 Eigenschaftswörter vorgelegt und sie sollen die aktuelle Ausprägung dieser anhand einer Skala von 1 bis 5 angeben.

**3. Worin liegt der Nutzen einer Teilnahme an dieser Studie?**

Die Ergebnisse dieser Studie sollen dazu beitragen, dass der Einfluss von Hormonen auf den menschlichen Körper, insbesondere auf die Geruchsleistung besser verstehen zu können.

**4. Gibt es Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen?**

Nach gegenwärtigem Stand der Wissenschaft ist der Geruchstest der Gesundheit nicht abträglich.

**5. Wann wird die Studie vorzeitig beendet?**

Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen und aus der Studie ausscheiden, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile entstehen.

Die VersuchsleiterIn wird Sie über alle neuen Erkenntnisse, die in Bezug auf diese Studie bekannt werden, und für Sie wesentlich werden könnten, umgehend informieren. Auf dieser Basis können Sie dann Ihre Entscheidung zur weiteren Teilnahme an dieser Studie neu überdenken.

Es ist aber auch möglich, dass die VersuchsleiterIn entscheidet, Ihre Teilnahme an der Studie vorzeitig zu beenden, ohne vorher Ihr Einverständnis einzuholen.

**6. In welcher Weise werden die im Rahmen dieser Studie gesammelten Daten verwendet?**

Sofern gesetzlich nicht etwas anderes vorgesehen ist, haben nur die Prüfer und deren MitarbeiterInnen, sowie in- und ausländische Gesundheitsbehörden Zugang zu den vertraulichen Daten, in denen Sie namentlich genannt werden. Diese Personen unterliegen der Schweigepflicht. Die Weitergabe der Daten im In- und Ausland erfolgt ausschließlich zu statistischen Zwecken und Sie werden ausnahmslos darin nicht namentlich genannt. Auch in etwaigen Veröffentlichungen der Daten dieser Studie werden Sie nicht namentlich genannt.

**7. Entstehen für die Teilnehmer/-innen Kosten? Gibt es einen Kostenersatz oder eine Vergütung?**

Durch Ihre Teilnahme an dieser Studie entstehen für Sie keine zusätzlichen Kosten. Es gibt keinen Kostenersatz oder Vergütung.

**8. Möglichkeit zur Diskussion weiterer Fragen**

Für weitere Fragen im Zusammenhang mit dieser Studie stehen Ihnen die Versuchsleiter gern zur Verfügung. Auch Fragen, die Ihre Rechte als Teilnehmer/-in an dieser Studie betreffen, werden Ihnen gerne beantwortet.

Name der Kontaktperson: Univ.Ass. Dr. Birgit Derntl

Ständig erreichbar unter: 01/4277-47894 (birgit.derntl@univie.ac.at)

Name der Kontaktperson: Priv. Doz. Dr. Rupert Lanzenberger

Ständig erreichbar unter: +43-1-40400-3825 ([rupert.lanzenberger@meduniwien.ac.at](mailto:rupert.lanzenberger@meduniwien.ac.at))

**9. Einwilligungserklärung**

Name der Teilnehmerin/des Teilnehmers: .....

Geburtsdatum: .....

Ich erkläre mich bereit, an der Studie „Der Einfluss von Hormonen auf die Geruchswahrnehmung“ teilzunehmen.

Ich bin von Herrn/Frau ..... ausführlich und verständlich über Wesen, Bedeutung und Tragweite der vorliegenden Studie sowie die sich für mich daraus ergebenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich habe den Text dieser Probanden/-innenaufklärung und Einwilligungserklärung, die insgesamt 3 Seiten umfasst, gelesen. Aufgetretene Fragen wurden mir von der Versuchsleitung verständlich und genügend beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Ich habe zurzeit keine weiteren Fragen mehr.

Ich werde den Anordnungen, die für die Durchführung der Studie erforderlich sind, Folge leisten, behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen. Ich bin zugleich damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser Studie ermittelten Daten aufgezeichnet werden. Um die Richtigkeit der Datenaufzeichnung zu überprüfen, dürfen Beauftragte der zuständigen Behörden Einblick in meine personenbezogenen Studiendaten nehmen. Beim Umgang mit den Daten werden die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes beachtet.

Eine Kopie dieser Probanden/-inneninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Das Original verbleibt bei der Versuchsleitung.

.....  
(Datum und Unterschrift der Teilnehmerin / des Teilnehmers)

.....  
(Datum, Name und Unterschrift der Versuchsleiterin / des Versuchsleiters)

## Anhang B: Soziodemographischer Fragebogen (Ersttestung)

### Soziodemographische Daten

Bitte beantworten Sie alle Frage ehrlich! Alle angegebenen Daten werden streng vertraulich behandelt. Sollten Sie Fragen haben, wenden Sie sich bitte an die Versuchsleiterin. Fehlende oder falsche Angaben können nicht verwertet werden.

**Vielen Dank für Ihre Teilnahme!**

Datum, Uhrzeit: \_\_\_\_\_ Pbn.-Nr.: \_\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_ Vorname: \_\_\_\_\_

Telefonnummer: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_ Alter: \_\_\_\_\_

Ist Ihre Muttersprache deutsch? ☐ ja ☐ nein

Was ist Ihre höchste abgeschlossene Schulbildung? \_\_\_\_\_

Studieren Sie? ☐ ja ☐ nein

Wenn ja, was? \_\_\_\_\_

Was ist die höchste Schulbildung Ihrer Eltern?

Vater: \_\_\_\_\_

Mutter: \_\_\_\_\_



### Fragen zur Gesundheit

Haben Sie schon einmal Drogen konsumiert (z.B. Haschisch, Kokain, LSD)?

☐ ja ☐ nein

Konsumieren Sie derzeit Drogen?

☐ ja ☐ nein

Haben Sie schon einmal wegen psychischer oder persönlicher Probleme einen Psychologen, einen Psychiater oder eine Klinik aufgesucht?

☐ ja ☐ nein

Wenn ja, können Sie diese Probleme näher beschreiben?

---

Wenn nein, hatten Sie in Ihrem Leben schon einmal ernsthafte psychische Probleme? Wenn ja, welche und wie lange?

---

Gibt es in Ihrer Familie Personen mit psychischen Erkrankungen?

☐ ja ☐ nein

Leiden Sie derzeit an einer ernsthaften körperlichen Erkrankung (z.B. Diabetes, chronische Erkrankung)?

☐ ja ☐ nein

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

Nehmen Sie derzeit irgendwelche Medikamente?

☐ ja ☐ nein

Wenn ja, welche, wogegen? \_\_\_\_\_

Leiden Sie unter Heuschnupfen?

☐ ja ☐ nein

Nehmen Sie Medikamente dagegen?

☐ ja ☐ nein

Haben Sie heute ein Nasenspray verwendet?

☐ ja ☐ nein

Leiden Sie an einer neurodegenerativen Erkrankung (z.B. Parkinson, Epilepsie, Multiple Sklerose)?

☐ ja ☐ nein

Hatten Sie jemals eine Operation am Kopf?

☐ ja ☐ nein

Ich rauche...

☐ gar nicht

☐ gelegentlich

☐ max. 2 Zigaretten/Tag

☐ max. 10 Zigaretten/Tag

☐ mehr als 10 Zigaretten/Tag

Alkohol trinke ich...

☐ nie

☐ 1x im Monat oder seltener

☐ 2-3x im Monat

☐ 2-3x pro Woche

☐ 4 x pro Woche oder öfter

**Für Frauen:**

Sind Sie schwanger?

☐ ja☐ nein

Nehmen Sie die Pille?

☐ ja☐ nein

Wenn ja, welche und seit wann? \_\_\_\_\_

Verwenden Sie andere hormonelle Verhütungsmittel?

☐ ja☐ nein

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

Wenn Sie keine hormonellen Verhütungsmittel verwenden, ist Ihr Zyklus regelmäßig?

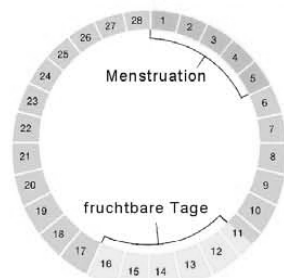
☐ ja☐ nein

Wann hatten Sie die letzte Menstruation (1. Tag der letzten Blutung)?

\_\_\_\_\_

Wie lang ist Ihr Menstruationszyklus für gewöhnlich (vom 1. Tag der Blutung bis zum ersten Tag der nächsten Blutung)? \_\_\_\_\_

Beispiel:

**Menstruationszyklus von 28 Tagen**

Haben/Hatten Sie Beschwerden während der Menstruation?

☐ ja☐ nein

Wenn ja, können Sie diese näher beschreiben? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Wie würden Sie Ihre sexuelle Orientierung beschreiben?

0	1	2	3	4	5	6
Ausschließlich heterosexuell	Überwiegend heterosexuell, nur gelegentlich homosexuell	Überwiegend heterosexuell, aber mehr als gelegentlich homosexuell	Gleichmaßen heterosexuell wie homosexuell	Überwiegend homosexuell, aber mehr als gelegentlich heterosexuell	Überwiegend homosexuell, nur gelegentlich heterosexuell	Ausschließlich homosexuell

Um welche Uhrzeit haben Sie das letzte Mal etwas gegessen oder getrunken?

\_\_\_\_\_ Uhr

**Bitte markieren Sie ihre subjektive Empfindung durch einen vertikalen Strich auf der Skala:**

Wie hungrig fühlen Sie sich?

überhaupt nicht hungrig |-----| sehr hungrig

Wie stark ist in diesem Moment Ihr Verlangen nach Essen?

sehr schwach |-----| sehr stark

Wie voll fühlt sich Ihr Magen momentan an?

überhaupt nicht voll |-----| sehr voll

### Fragen zur Riechfähigkeit

Wie würden Sie Ihre eigene Riechfähigkeit beschreiben?

- ☐ überdurchschnittlich  
☐ durchschnittlich  
☐ unterdurchschnittlich

Was ist Ihr Lieblingsgeruch? \_\_\_\_\_

Welchen Geruch mögen Sie gar nicht? \_\_\_\_\_

## Anhang C: Soziodemographischer Fragebogen (Zweittestung)

### Soziodemographische Daten Zweittestung

Datum, Uhrzeit: \_\_\_\_\_ Pbn.-Nr.: \_\_\_\_\_

Nehmen Sie derzeit irgendwelche Medikamente? ☐ ja ☐ nein

Wenn ja, welche, wogegen? \_\_\_\_\_

Leiden Sie unter Heuschnupfen? ☐ ja ☐ nein

Nehmen Sie Medikamente dagegen? ☐ ja ☐ nein

Haben Sie heute ein Nasenspray verwendet? ☐ ja ☐ nein

#### Für Frauen:

Sind Sie schwanger? ☐ ja ☐ nein

Wann hatten Sie die letzte Menstruation (1. Tag der letzten Blutung)?

\_\_\_\_\_

Um welche Uhrzeit haben Sie das letzte Mal etwas gegessen oder getrunken?

\_\_\_\_\_ Uhr

**Bitte markieren Sie ihre subjektive Empfindung durch einen vertikalen Strich auf der Skala:**

Wie hungrig fühlen Sie sich?

überhaupt nicht hungrig | \_\_\_\_\_ | sehr hungrig

Wie stark ist in diesem Moment Ihr Verlangen nach Essen?

sehr schwach | \_\_\_\_\_ | sehr stark

Wie voll fühlt sich Ihr Magen momentan an?

überhaupt nicht voll | \_\_\_\_\_ | sehr voll

## Anhang D: Analogskalen zum Schwellentest

### Fragebogen Schwellentest

Bitte markieren Sie ihre subjektive Empfindung durch einen vertikalen Strich auf der Skala:

**Wie haben Sie sich während des Schwellentests Lösungsmittel gefühlt?**

negativ	-----	positiv
ruhig	-----	aufgeregt

**Wie konzentriert waren Sie während des Schwellentests?**

unkonzentriert	-----	sehr konzentriert
----------------	-------	-------------------

### Überschwellige Reize:

#### 3 Stufen über der Schwelle:

**Wie angenehm versus unangenehm ist Ihnen dieser Geruch von Lösungsmittel?**

unangenehm	-----	angenehm
------------	-------	----------

**Wie intensiv ist dieser Geruch von Lösungsmittel für Sie?**

sehr schwach	-----	sehr stark
--------------	-------	------------

#### höchste Konzentration:

**Wie angenehm versus unangenehm ist Ihnen dieser Geruch von Lösungsmittel?**

unangenehm	-----	angenehm
------------	-------	----------

**Wie intensiv ist dieser Geruch von Lösungsmittel für Sie?**

sehr schwach	-----	sehr stark
--------------	-------	------------

## Anhang E: Analogskalen zum Diskriminations- bzw. Identifikationstest

### Fragebogen Diskriminationstest

Bitte markieren Sie ihre subjektive Empfindung durch einen vertikalen Strich auf der Skala:

**Wie haben Sie sich während des Diskriminationstests gefühlt?**

negativ	-----	positiv
ruhig	-----	aufgeregt

**Wie konzentriert waren Sie während des Diskriminationstests?**

unkonzentriert	-----	sehr konzentriert
----------------	-------	-------------------

### Fragebogen Identifikationstest

Bitte markieren Sie ihre subjektive Empfindung durch einen vertikalen Strich auf der Skala:

**Wie haben Sie sich während des Identifikationstests gefühlt?**

negativ	-----	positiv
ruhig	-----	aufgeregt

**Wie konzentriert waren Sie während des Identifikationstests?**

unkonzentriert	-----	sehr konzentriert
----------------	-------	-------------------

## Anhang F: Exemplarisches Beispiel eines Auswertungsblattes

Vorführversion - Version démonstrative -  
Version for demonstration purposes - Solo per scopi dimostrativi

### Olaf - Riechtest mit Sniffin' Sticks

Schwelle	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	xx
8	xx   xx   xx   xx   xx
9	xo   o   o   o   xx   xo
10	
11	o
12	
13	o
14	
15	o
16	
Nr.	1 2 3 4 5 6 7
WdP	7 9 8 9 8 10 8
	<b>8.75</b>

Diskrimination	
1	16 blau • grün rot 1
2	6 blau grün • rot 0
3	13 blau • grün rot 1
4	10 blau • grün rot 1
5	12 blau • grün rot 1
6	1 blau • grün rot 1
7	2 blau • grün rot 1
8	15 blau • grün rot 1
9	7 blau • grün rot 1
10	5 blau • grün rot 1
11	3 blau • grün rot 1
12	9 blau • grün rot 1
13	11 blau • grün rot 1
14	8 blau • grün rot 1
15	4 • blau grün rot 0
16	14 blau • grün rot 1
	<b>14</b>

Identifikation	
1	15 • Orange Brombeere Erdbeere Ananas 1
2	2 Rauch • Schuhleder Klebstoff Gras 1
3	10 Honig Vanille Schokolade • Zimt 1
4	5 Schnittlauch • Pfefferminz Fichte Zwiebel 1
5	9 Kokos • Banane Walnuss Kirsche 1
6	4 Pfirsich Apfel • Zitrone Grapefruit 1
7	7 • Lakritz Gummibärchen Kaugummi Kekse 1
8	13 Senf Gummi • Menthol Terpentin 0
9	8 Zwiebel Sauerkraut • Knoblauch Möhre 1
1	1 Zigarette • Kaffee Wein Kerzenrauch 1
1	3 Melone • Pfirsich Orange Apfel 0
1	14 • Gewürznelke Pfeffer Zimt Senf 1
1	12 Birne Pflaume Pfirsich • Ananas 1
1	6 Kamille Himbeere • Rose Kirsche 1
1	11 • Anis Rum Honig Fichte 1
1	16 Brot • Fisch Käse Schinken 1

Untersuchung am	15.01.2011
Patient	<b>Mustermann Max * 1.1.80</b> 31 Jahre, männlich
Untersuchungsmodus	Seite: beidseits Abschwellung: nein Testbatterie Screening <input checked="" type="checkbox"/> Schwelle <input checked="" type="checkbox"/> Diskrimination <input checked="" type="checkbox"/> Identifikation 16
Ergebnis	Schwelle 8.75 Diskrimination 14 Identifikation 14 SDI-Wert 36.75
<b>Normosmie</b>	
Bemerkung	
Unterschrift KK	

**Schwellentestung:** "Triple forced choice"-Test in Eingabelungstechnik  
**Diskriminationstest:** 16 Riechproben; "Triple forced choice" Test  
**Identifikationstest:** verbale Identifikation aus Listen mit je 4 Begriffen  
 SDI-Wert: Summe der Testergebnisse aus der Schwellen-, der Diskriminations- und Identifikationstestung.  
 Normosmie: >31;  
 Anosmie: < 16.5  
 Zeichen- und Abkürzungserklärung:  
 VS = Verdünnungsstufe  
 WdP = Wendepunkt  
 x = erkannt; o = nicht erkannt  
 ! = Wendepunkt  
 grau hinterlegt = korrekte Antwort  
 ausgefüllte Kreise = erhaltene Antwort  
 0/1 = Punktwert falsch/richtig

## Anhang G: Verwendete Düfte im Diskriminationstest (entsprechend den Angaben der Firma Burghart)

### Diskriminationstest

Stift	Target (grüne Kappen)	non-Target (rote+blaue Kappen)
1	Octylacetat	Zimtaldehyd
2	n-Butanol	2-Phenylethanol
3	Isoamylacetat	Anethol
4	Anethol	Eugenol
5	Geraniol	Octylacetat
6	2-Phenylethanol	Isoamylacetat
7	(+)-Limonen	(+)-Fenchon
8	(-)-Carvon	(+)-Carvon
9	(-)-Limonen	Citronellal
10	2-Phenylethanol	(+)-Menthol
11	(+)-Carvon	Geraniol
12	n-Butanol	(-)-Fenchon
13	Citronellal	Linalool
14	Pyridin	(-)-Limonen
15	Eugenol	Zimtaldehyd
16	Eucalyptol	a-Ionon



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Primärgerüche nach Amoore (1970) .....	10
Tabelle 2: Übersicht Sehen vs. Riechen (Köster, 2002, S.34) .....	12
Tabelle 3: Übersicht über die kognitiven Stärken der Geschlechter (Hampson, 2002, S. 580) .....	45
Tabelle 4: Übersicht über die Unterschiede in den psychologischen Testverfahren.....	85
Tabelle 5: Übersicht über die Gruppenunterschiede im Befinden, der Aufregung und der Konzentration in den drei Geruchstests .....	86
Tabelle 6: Übersicht über das subjektive Befinden, die Aufregung und die Konzentration in den einzelnen Teiltests der Geruchstestung .....	89
Tabelle 7: Übersicht über die Unterschiede zwischen den Zyklusphasen im Geruchstest .....	90
Tabelle 8: Übersicht über die Werte der Bewertung von Hedonik und Intensität .....	93
Tabelle 9: Vergleich der Werte der einzelnen Teiltest über beide Testzeitpunkte .....	94
Tabelle 10: Übersicht über die Korrelationen zwischen den kognitiven Testverfahren und der Geruchstestung .....	97
Tabelle 11: Übersicht über die Korrelationen zwischen den kognitiven Testverfahren und der Geruchstestung .....	97
Tabelle 12: Übersicht über die Zusammenhänge zwischen dem Befinden während der Testung und den Ergebnissen der Geruchstestung .....	98

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Querschnitt des Nasen- und Rachenraums mit Struktur der Riechepithel (Bear, Connors & Paradiso, 2009, S. 290) .....	13
Abb. 2: Lage des Riechkolbens und weitere Verbindungen (Bear et al., 2009, S. 297) .....	14
Abb. 3: Verschaltungen der Riechbahn vom Riechkolben bis in die kortikalen Areale (Schandry 2002, S. 295).....	15
Abb. 4: Grafik der Hauptäste des N. trigeminus (Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Klinik und Poliklinik für Neurologie, 2006) .....	34
Abb. 5: Schematische Darstellung eines Regelkreises (Birbaumer & Schmidt 2006, S. 122) .....	36
Abb. 6: Darstellung der hormonellen Schwankungen im Zyklusverlauf (Schandry, 2002, S. 359) .....	38
Abb. 7: Übersicht über Hunger, Verlangen nach Essen und Völlegefühl zwischen den Gruppen .....	86
Abb. 8: Übersicht richtigen Antworten in Prozent pro Duftstoff des Identifikationstests .....	87
Abb. 9: Überblick über die Ergebnisse der Geruchstestungen der Frauen, Vergleich zwischen Pille, FP und LP; Die Werte der einzelnen Tests liegen zwischen 0 und 16, der SDI kann Werte zwischen 0 und 48 annehmen. ....	92
Abb. 10: Diagramm der Wechselwirkungen zwischen Gruppe und Testzeitpunkt im SDI .....	95

# CURRICULUM VITAE

## KATHRIN KOLLNDORFER

### PERSÖNLICHE DATEN

Geboren am 21. September 1982  
Geburtsort Klosterneuburg

### SCHULBILDUNG

31. Mai 2001 Reifeprüfung (mit ausgezeichnetem Erfolg)  
1996-2001 Höhere Bundeslehranstalt für Tourismus, 3500 Krems  
1992-1996 Hauptschule Hermannstraße, 3400 Klosterneuburg  
1988-1992 Volksschule Hermannstraße, 3400 Klosterneuburg

### STUDIUM

Seit Okt. 2010 Doktoratsstudium der Geistes- und Kulturwissenschaften, Studienzweig Sprachwissenschaft  
Seit Okt. 2006 Diplomstudium Psychologie an der Universität Wien  
1. Diplomprüfung am 15.02.2008  
Schwerpunkt: Klinische Psychologie  
Okt. 2005 – Juni 2006 Bakkalaureatsstudium Sinologie an der Universität Wien  
Okt. 2004 – Nov. 2009 Diplomstudium Sprachwissenschaft an der Universität Wien (mit Auszeichnung)

### STIPENDIEN

Studienjahr 2005/2006 Leistungsstipendium nach dem Studienförderungsgesetz (StudFG) vom BM.W\_F  
Kalenderjahr 2007 Leistungsstipendium aus den Mitteln der Stiftungen und Sondervermögen von privaten Stiftungen

Studienjahr 2007/2008	gen finanziert Leistungsstipendium nach dem Studien- förderungsgesetz (StudFG) vom BM.W_F
<b>BERUFLICHE TÄTIGKEITEN</b>	
Seit Juni 2007	TNS INFO Research Austria – Markt- und Mei- nungsforschungsGmbH, 1070 Wien Data Processing
Sep. 2008 – Nov. 2008	Praktikum in der Lehr- und Forschungspraxis des Instituts für Klinische Psychologie an der Fakultät für Psychologie der Universität Wien